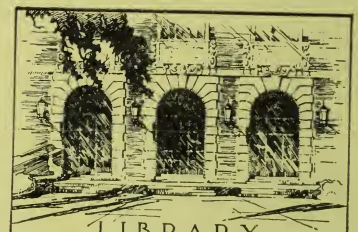
631.8
W83pFd
1887

REMOTE STORAGE



LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF ILLINOIS

631.8
W83pFd
1887

AGRICULTURE

PANTAGRAPH
BLOOMINGTON
ILLINOIS.
To duplicate
this style bind-
ing, order
No.

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/lesengrais00wolf

# LES ENGRAIS

# AVIS DU TRADUCTEUR.

*Cette édition, traduction aussi fidèle que possible de la dixième édition de l'*Étude des engrais *de notre ancien et vénéré maître, a reçu des développements en rapport avec les nombreux travaux et les progrès si marquants accomplis dans la dernière période décennale.*

*Pas n'est besoin, pour comprendre le livre que nous rééditons, de connaître la chimie ou de posséder d'autres connaissances du domaine des sciences naturelles. On s'est efforcé de donner à ce travail le caractère d'un aide facilement compréhensible, réellement pratique, pouvant diriger le plus grand nombre des cultivateurs dans l'emploi rationnel des engrais.*

A. D.

Gembloux, mai 1887.

Gand, imp. C. Annoot-Braeckman, Ad. Hoste, succr.

Dr ÉMILE WOLFF

# LES ENGRAIS

TRADUIT D'APRÈS LA 10e ÉDITION ALLEMANDE

PAR

**AD. DAMSEAUX**

Professeur à l'Institut agricole de l'État, à Gembloux

NOUVELLE ÉDITION, BEAUCOUP AUGMENTÉE

**Ouvrage approuvé par le Conseil de perfectionnement de l'enseignement primaire en Belgique.**

BRUXELLES
G. MAYOLEZ, ÉDITEUR
13, rue de l'Impératrice, 13

PARIS
G. MASSON, ÉDITEUR
120, boulevard Saint-Germain, 120

1887

*Propriété. — Tous droits réservés.*

REMOTE STORAGE
631.8
W83pFd
1887

# INTRODUCTION

Malgré l'immense diversité des corps qu'elle présente, la nature forme un ensemble admirablement coordonné dans toutes ses parties d'après des lois immuables. Chaque partie a reçu un rôle particulier; tous les êtres, qu'ils appartiennent au monde animé ou inanimé, se complètent, se secondent et s'entretiennent mutuellement; l'existence de l'un dépend souvent de celle de l'autre, et le tout est inévitablement soumis à l'empire des forces naturelles toutes-puissantes et constamment actives.

Ni force ni matière, rien ne se perd dans le grand ensemble de la nature. Nous constatons seulement, suivant la direction des forces, que la matière éprouve dans l'échange éternel des choses des modifications de formes et d'autres phénomènes. Presque partout où un corps est soumis à la destruction, où un être vivant succombe, il n'y a que transformation de la matière en corps gazeux et en terre; il naît promptement de nouvelles combinaisons

dont les produits précédents constituent la matière première. A leur tour, ces corps nouveaux subiront d'autres préparations dans les ateliers de la nature et il en résultera encore des êtres nouveaux analogues ou revêtant d'autres caractères.

La vie des hommes et des animaux est subordonnée à l'existence simultanée des végétaux et elle exige le concours de l'air atmosphérique. Les produits de la végétation sont les aliments des organismes animaux; ils servent à leur complet développement et à leur entretien. La présence de l'air n'est pas moins indispensable à la vie. L'air atmosphérique est constamment inspiré et expiré par les hommes et les animaux et il éprouve dans leur organisme des modifications importantes. Lorsque l'air renfermé dans un espace clos a servi pendant quelque temps à la respiration des animaux, il devient peu à peu impropre à l'entretien de la vie, et, s'il n'est pas remplacé par de l'air frais, la mort arrive par asphyxie. L'air atmosphérique perdrait, de même, ses propriétés et serait peu à peu vicié au point de ne pouvoir entretenir la vie, sans l'existence constante, dans la nature, des conditions qui le ramènent incessamment à sa composition première. C'est le monde végétal qui a reçu la mission de rafraîchir et de reconstituer sans cesse l'air atmosphérique, en le pourvoyant de l'agent actif et en lui soustrayant certains éléments non respirables pour les hommes et les animaux, éléments qui, en s'accumulant, développeraient des affections mortelles pour le règne animal.

Le règne végétal peut sans doute exister indépendam-

ment du monde animal, mais le développement du premier est alors beaucoup moins actif. L'air expulsé par la respiration des animaux, et généralement tout ce qui est rejeté par eux comme inutile et sans emploi, sert de nourriture aux plantes soit directement, soit après avoir éprouvé des changements. On sait que les déjections solides et liquides des animaux forment l'engrais le plus important en agriculture; la matière, si appréciée au même titre, connue sous le nom de guano du Pérou, n'est que de la fiente d'oiseaux marins carnivores. Les cadavres des animaux livrent aux plantes une nourriture abondante; parfois ils servent à préparer des engrais concentrés qui sont d'un puissant secours en agriculture. Le sang et d'autres déchets d'abattoirs, desséchés et pulvérisés, constituent des engrais très actifs; la viande même des animaux sacrifiés livre, par sa décomposition, une nourriture très favorable à la végétation, et les parties solides animales sont de plus en plus employées à l'état de farine d'os ou de superphosphate. On prépare sur les côtes de l'Angleterre, de la France, de la Norwège et ailleurs, au moyen de poissons morts et d'autres déchets des pêcheries, jadis sans aucun emploi, un guano spécial fréquemment employé avec le plus grand succès, notamment par les cultivateurs du nord de l'Allemagne.

Le monde inanimé, le règne minéral, prend également une part active à la circulation générale de la matière dans la nature. Les pierres les plus résistantes se décomposent peu à peu sous l'influence désagrégeante de l'air, de l'eau, etc. Les roches se dissocient et se divisent, préparant

à leur surface une station nouvelle pour la végétation; il y apparaît un sol meuble, plus ou moins profond, où la désagrégation continue à mettre à la disposition des plantes une somme plus ou moins importante des éléments qui restent comme cendres à l'incinération. Ces éléments sont cependant aussi indispensables à la vie végétale que ceux qui contribuent à la constitution du tissu organique, de la substance combustible. Les couches profondes de l'écorce solide du globe apportent même un contingent actif à la végétation de la surface; en effet, par l'intermédiaire des sources ou, ce qui n'est pas rare, par le dégagement, à travers les fissures du sol, des gaz confinés dans les profondeurs, il est offert à la plante certaines substances qu'elle absorbe et dont elle élabore des tissus organiques divers sous l'influence vivifiante de la chaleur et de la lumière.

Le soleil fournit la lumière et la chaleur, il répand la force et la vie; il est la source première de toute activité dans l'univers. Sans lui, sans la chaleur et la lumière qu'il déverse dans l'espace, tout serait frappé de mort, et presque tout mouvement de la matière serait anéanti à la surface du globe. L'eau qui, descendue des montagnes, pénètre dans les couches perméables et réapparaît en sources nombreuses ou se réunit en ruisseaux, en fleuves, et retourne ensuite à la mer, doit ses propriétés à la même cause. Privée du soleil, l'eau cesserait d'être une masse sans cesse mobile s'élevant en vapeur dans l'air pour se résoudre en pluie ou se transformer en neige, retourner à la terre et alimenter derechef les cours d'eau. L'absorption

végétale, l'assimilation, c'est-à-dire le travail ultérieur des éléments absorbés par la plante, n'ont lieu que sous l'influence de la chaleur et de la lumière. Par la croissance du végétal et la production de substance organique, il y a donc, en quelque sorte, condensation d'une grande quantité de chaleur, qui redevient appréciable et se transforme souvent en force mécanique, suivant que la matière organique végétale brûle lentement ou rapidement. D'ailleurs, en servant à l'alimentation des animaux, les produits végétaux émettent, dans leurs transformations, de la chaleur servant à entretenir tout le procès physiologique du corps animal dans une activité normale. La chaleur obtenue par la combustion du bois et du charbon, et qui, avec le concours de la vapeur d'eau, met en mouvement les plus puissants moteurs, est, en définitive, la chaleur originairement émanée du soleil il y a peut être quelques milliers d'années. Elle est rendue à l'espace, où elle se répand pour rentrer de nouveau en circulation.

La connaissance parfaite des lois universelles qui président à la transformation de ce qui existe permet à l'homme de s'approprier et d'utiliser les forces sans cesse actives de la nature; il les dirige dans les voies où elles doivent opérer pour donner des résultats utiles. Il doit en être ainsi en agriculture pour que cette industrie soit intelligemment entendue et appliquée avec profit. L'une des principales conditions à remplir pour atteindre ce résultat réside dans la préparation et l'emploi judicieux des engrais divers dont la génération actuelle dispose.

Mais ce résultat ne peut être atteint que si la nutrition végétale est bien connue, que si la nature et les proportions des éléments réclamés par la végétation pour son parfait développement sont bien appréciées. C'est pourquoi l'étude pratique des engrais, dont nous nous proposons de parcourir les traits principaux, pour être bien comprise, doit être précédée d'un aperçu sommaire sur les *éléments nutritifs des plantes*.

L'air, l'eau et certaines substances minérales du sol sont les aliments nutritifs généraux de la végétation.

# ÉTUDE

DES

# ÉLÉMENTS NUTRITIFS GÉNÉRAUX DES PLANTES.

## CHAPITRE PREMIER.

### L'AIR ATMOSPHÉRIQUE.

Des faits nombreux empruntés à l'expérience journalière attestent que l'air atmosphérique joue un rôle important dans la croissance des plantes. Chacun peut d'ailleurs s'en convaincre par une expérience très simple.

On soumet à une chaleur rouge peu élevée une certaine quantité de terre fertile ordinaire ou de bonne terre de jardin; tout l'humus existant, toutes les substances de nature organique, tout ce qui, par sa composition, rappelle les éléments combustibles de la plante est alors détruit et se dégage. On mélange ensuite intimement au produit de l'incinération, préalablement grossièrement pulvérisé, une très faible proportion de sel ammoniac[1] finement trituré, soit 1/3000 du poids de la terre ou $0^{gr}33$ par kilogramme de terre calcinée. On peut aussi, et souvent avec un meilleur succès, remplacer le sel ammoniac par 1 1/2 fois la

(1) Le sel ammoniac est une substance saline, facilement soluble dans l'eau, employée dans les arts industriels et que l'on obtient à bas prix chez les droguistes et les pharmaciens.

proportion indiquée de salpêtre[1], que l'on a soin de réduire en poudre avant d'en opérer le mélange soigné avec la terre calcinée.

On peut ensuite semer dans la terre artificielle ainsi préparée une plante annuelle quelconque : elle y germera, se développera normalement et même avec vigueur jusqu'à complète maturité. Pour cela, il suffit d'exposer le vase renfermant la terre à la lumière directe du soleil et d'arroser fréquemment avec de l'eau distillée ou de l'eau de pluie pure, de manière à fournir constamment une quantité d'eau modérée, mais suffisante. L'avoine et l'orge m'ont donné, dans des essais semblables, jusqu'à 100 fois la semence, et généralement on observe une végétation plus vigoureuse que si l'on faisait usage d'une quantité égale de terre ordinaire non privée de l'humus.

Ces expériences prouvent à l'évidence qu'après la germination et l'apparition des premières feuilles, *la plante doit puiser dans l'air environnant une grande proportion de la nourriture qu'elle réclame.* En effet, la terre calcinée ne renferme aucune trace de matière organique et, à part l'eau et la faible quantité de sel ammoniac ou de salpêtre associée au sol, celui-ci ne contient rien qui soit de nature à pouvoir contribuer à la formation de la matière organique combustible de la plante, c'est-à-dire à augmenter d'une manière importante le poids de la

(1) Le salpêtre est encore généralement plus connu que le sel ammoniac. On l'associe ordinairement au sel marin dans la salaison des viandes; il entre aussi dans la composition de la poudre à tirer, d'où on l'extrait facilement, par voie de dissolution, au moyen de l'eau chaude. Le salpêtre ordinaire peut aussi être remplacé dans ces essais par une égale quantité de nitrate de soude (salpêtre du Chili). Nous aurons d'ailleurs l'occasion d'examiner en détail, dans la suite, le salpêtre et le sel ammoniac.

matière sèche dans le végétal. Cependant, après la maturité, la matière sèche récoltée représente fréquemment 100 et 1,000 fois le poids de la semence confiée au sol.

La substance végétale sèche renferme jusqu'à la moitié de son poids de charbon ou, comme on s'exprime, de *carbone;* le reste est constitué par des corps d'une composition analogue à celle de l'eau; les éléments qui les forment sont ceux que l'analyse décèle dans l'eau.

L'atmosphère qui enveloppe le globe ne renferme, en grande proportion, qu'une seule combinaison de carbone et qui doit être répandue partout. C'est, en effet, ce corps gazeux qui est incessamment formé pendant le phénomène de la respiration des hommes et des animaux; c'est le même agent qui se développe constamment dans la combustion du charbon et du bois, dans la fermentation du vin, du cidre, du moût de bière, de l'alcool et autres solutions sucrées. Le même corps se dégage en quantité plus ou moins considérable pendant la décomposition des corps organiques; certaines eaux le renferment en proportion notable. Les couches profondes du sol en livrent aussi à l'air atmosphérique par les crevasses et les pores de la croûte terrestre. Ce corps est appelé *acide carbonique* et résulte de la combinaison chimique du carbone avec l'oxygène.

L'acide carbonique est un des éléments de l'air; nos sens ne peuvent l'apprécier directement. On reconnaît facilement la présence de ce gaz par la voie chimique, et le moyen le plus simple pour y arriver consiste dans l'emploi de l'eau de chaux. Pour obtenir celle-ci, on verse de l'eau sur de la chaux vive, on agite et on filtre. On obtient ainsi une solution de chaux claire et incolore qui, exposée à l'air, ne tarde pas à se recouvrir d'une pellicule légère qui s'épaissit, s'isole de la surface du liquide et se

dépose au fond du vase sous forme de précipité blanc. Ce phénomène est dû à l'absorption de l'acide carbonique de l'air par la chaux, d'où il résulte une combinaison appelée *carbonate de chaux,* insoluble dans l'eau et troublant le liquide en allant au fond du vase. L'eau de chaux blanchit plus rapidement encore si l'on y insuffle l'air expiré au moyen d'un tube de verre ou d'un tuyau de plume, ce qui prouve bien que l'air rejeté par les poumons renferme de l'acide carbonique en grande quantité. Nous avons déjà dit qu'il se dégage aussi de l'acide carbonique lors de la combustion complète du charbon, du bois, des huiles, des résines, du suif et de toutes les substances carbonées en général; les produits qui se développent alors troublent également l'eau de chaux. Il suffit d'ailleurs pour s'en convaincre de verser une faible quantité de la solution calcique dans un vase transparent et, après y avoir introduit une bougie allumée, de fermer le récipient au moyen d'un bouchon ordinaire : on obtient aussi un précipité blanc de carbonate de chaux, insoluble dans l'eau. Ce dernier corps forme un grand nombre de roches naturelles, telles que le marbre, la craie, les concrétions calcaires; il existe dans le sol et dans les marnes dans un état très divisé. C'est à cet acide qu'est due l'effervescence bien connue que l'on obtient lorsque l'on attaque un corps qui le renferme par une liqueur acide, le vinaigre par exemple; on met alors l'acide carbonique en liberté, on le sépare de la chaux, et il reprend l'état gazeux.

L'*air atmosphérique* enveloppant la terre pèse de tout son poids sur la surface entière du globe et sur tous les objets qui s'y trouvent. Mais la pression qui en résulte n'est pas appréciable par nos sens, à cause de l'uniformité de ses effets, de la grande mobilité de l'air et de son

extrême ténuité qui lui permet de pénétrer dans les pores de tous les corps. Mais si, par une cause quelconque, la pression atmosphérique cesse momentanément ou si elle est diminuée, on s'en aperçoit immédiatement. Comme le prouvent les mouvements des vents, lorsqu'une couche étendue d'air échauffé s'élève, elle est immédiatement remplacée par une masse d'air froid qui se précipite avec plus ou moins de rapidité à la place de la première.

Des expériences élémentaires prouvent l'existence de l'air atmosphérique et la pression qu'il exerce. Si l'on plonge, par exemple, un vase rempli d'air dans un bassin renfermant de l'eau, de manière que tous les points des bords du vase soient mouillés en même temps par la surface de l'eau, celle-ci n'y pénètre pas ou très peu : l'air qui s'y trouve est seulement plus ou moins comprimé; mais, comme corps occupant une place dans l'espace, il empêche l'eau d'y pénétrer. En inclinant le vase de manière que l'air, très léger et très mobile, se dégage, il s'écoule au dehors sous forme de bulles et l'eau prend immédiatement sa place. Autre exemple. Si l'on remplit d'eau un tube de verre fermé à l'un des bouts, ou une bouteille ordinaire, et que l'on plonge l'appareil renversé dans une cuve remplie d'eau en bouchant l'ouverture ou le goulot de la bouteille au moyen du doigt, l'eau ne s'écoule pas lorsqu'on retire le doigt, quand même la colonne de liquide dans l'intérieur de l'appareil serait très élevée au-dessus de la surface de l'eau qui remplit le bassin. C'est la pression de l'air atmosphérique sur la surface libre du bassin qui empêche l'écoulement de l'eau : quoique celle-ci soit à un niveau supérieur, elle ne subit pas la pression atmosphérique. On a trouvé que la colonne d'eau dans

le tube peut atteindre une hauteur de 32 pieds avant qu'il se manifeste un mouvement de descente dans le liquide. Mais si la colonne d'eau dépasse cette hauteur, elle s'abaisse jusqu'à 32 pieds; la pression atmosphérique moyenne est donc équivalente à celle exercée par un poids d'eau ayant même base et même hauteur que la colonne liquide retenue dans le tube.

En substituant dans cette expérience le mercure à l'eau, on observe que, pour faire équilibre à la pression atmosphérique, la colonne mercurielle se maintient à 0m76 au-dessus du niveau du mercure contenu dans le vase où plonge le tube. C'est sur ce principe que repose la construction du baromètre, instrument au moyen duquel on observe et on mesure les variations locales de pression qui ont lieu à chaque instant dans les régions atmosphériques.

Une colonne d'eau de 32 pieds de hauteur possède, à diamètre égal, presque exactement le même poids qu'une colonne de mercure de 0m76 de hauteur, le mercure étant 13,6 fois plus dense que l'eau. La colonne d'eau ou de mercure a donc un poids égal à celui de la colonne d'air de même surface à la base et de toute la hauteur de la portion de l'atmosphère qui repose sur l'ouverture barométrique. L'air atmosphérique est, toutes les autres conditions restant les mêmes, 773 fois plus léger que l'eau; une colonne d'eau de 32 pieds de hauteur pèse donc ou exerce une pression équivalente à celle d'une colonne d'air de 24,736 pieds, et ce nombre indiquerait la puissance ou l'épaisseur de l'atmosphère terrestre si l'air était partout, dans les profondeurs et sur les hauteurs, d'égale densité. Mais cette circonstance n'existe pas : l'air se raréfie avec la hauteur, tandis que, dans les couches inférieures, un volume égal d'air possède un

poids plus considérable que dans les régions élevées de l'atmosphère.

Ces faits, rapprochés de la connaissance au moins approximative de l'étendue superficielle du globe, permettent d'évaluer le poids total de l'atmosphère à 105,000 billions de quintaux, poids dont l'homme ne peut guère se représenter l'importance.

L'air atmosphérique n'est pas un corps simple : il est essentiellement formé par le mélange très intime de deux corps gazeux dont les propriétés et le rôle dans la nature sont très divers. Ces deux éléments constituants principaux sont l'*oxygène* et l'*azote*, mélangés en volumes dans la proportion de 21 p. c. d'oxygène et de 79 p. c. d'azote. Sous le rapport du poids, la proportion d'oxygène est un peu plus forte : il y a environ 23 p. c. de ce dernier pour 77 p. c. d'azote, un volume donné d'oxygène pur ayant un poids légèrement supérieur à un égal volume d'azote.

*L'oxygène est l'élément essentiellement actif de l'air atmosphérique* et remplit, dans la plupart des grands phénomènes chimiques, un rôle important. C'est ce corps qui, dans la respiration de l'air, exerce une action vivifiante dans l'organisme animal; c'est lui, en effet, qui, en entrant en contact dans le sang et dans tous les organes avec une partie du carbone engagé dans des combinaisons organiques, le transforme en acide carbonique, lequel est rendu à l'air par l'expiration pulmonaire. A ce point de vue, on peut considérer l'oxygène comme l'*air vital* de l'organisme animal; il purifie le sang des produits de la décomposition des organes et des aliments, les brûle lentement en renouvelant sans cesse la chaleur animale constamment perdue par les surfaces, chaleur indispensable aux fonctions et qui doit être maintenue à un niveau constant (en moyenne 37°5 C. chez l'homme). Par le phénomène de la respira-

tion, le corps d'un homme adulte perd journellement au moins 0,250 kil. de carbone, donnant lieu à la production d'environ 1 kil. d'acide carbonique rejeté, renfermant, en poids, 27,3 p. c. de carbone et 72,6 p. c. d'oxygène. Chez la vache et le cheval, la quantité de carbone brûlé s'élève par jour de 2 à 2,5 kil., et celle de l'acide carbonique rendu à l'air en vingt-quatre heures, sous l'influence d'un régime très riche, de 7 à 9 kil.

Un phénomène entièrement analogue à celui produit pendant la respiration a lieu lors de la combustion du charbon, de la tourbe, du bois, etc. Il faut nécessairement la présence constante d'une suffisante quantité d'oxygène, amené par l'air qui alimente le phénomène, pour que la combustion se manifeste et continue. La bougie allumée que l'on plonge dans un vase fermé s'y éteint lorsque l'oxygène a été consommé par le corps en ignition. La vie s'éteint, de même, chez les animaux renfermés dans un espace étroit et dont l'air n'est pas renouvelé. La décomposition de toutes les matières organiques dépend aussi de l'action de l'oxygène de l'air; la substance organique disparaît au bout d'un temps plus ou moins long; les cendres, qui sont incombustibles, restent comme résidu, et le résultat final est le même que si la combustion était due au feu ou à la chaleur directe. L'oxygène de l'air exerce, de même, son action décomposante sur les roches les plus dures; il favorise leur désagrégation, c'est-à-dire la transformation lente, mais constante, des minéraux les plus durs en débris détritiques, en poussière et en corps solubles dans l'eau.

L'oxygène de l'air n'a qu'une importance relativement faible pour la végétation. Sans doute l'oxygène joue un rôle essentiel et direct dans la germination des graines et, pendant la croissance de la plante, il y a aussi

absorption d'oxygène et émission d'acide carbonique (décomposition de substance organique par la « respiration » du végétal) pendant le jour, ainsi que pendant la nuit; il y a toutefois, à cet égard, cette différence que, pendant la nuit, l'appropriation (l'assimilation) d'éléments nutritifs par la plante étant peu active ou étant tout à fait suspendue, le phénomène se constate d'une façon plus évidente. Mais, même pendant le jour, on observe dans certaines périodes de la vie végétale, notamment lors de la floraison et de la maturation des fruits, des phénomènes respiratoires analogues à ceux de la respiration animale. Les fleurs n'apparaissent pas ou elles tombent sans être fécondées lorsque la plante se développe dans un milieu privé d'oxygène. La racine même, qui doit croître, a besoin d'air pour pouvoir respirer.

Tous ces phénomènes, auxquels l'oxygène participe, sont importants pour le développement normal des végétaux. Néanmoins il n'est guère permis de considérer l'oxygène atmosphérique libre comme un élément nutritif proprement dit; il ne contribue pas directement à l'augmentation de poids de la plante, il n'intervient point comme matière première dans la formation de la substance organique. Au contraire, sous l'influence de la lumière diurne, la plante émet de grandes quantités d'oxygène mis en liberté par la décomposition et la transformation des corps alimentaires absorbés. Nous avons déjà signalé ce fait, sur lequel d'ailleurs nous aurons à insister dans la suite.

Le second élément essentiel de l'air atmosphérique, l'*azote,* n'exerce presque aucune action directe dans les phénomènes chimiques qu'offre la nature vivante ou le règne minéral. Il ne sert, en quelque sorte, qu'à diluer l'oxygène, à modérer son action trop énergique : il semble

agir à la façon de l'eau que l'on ajoute à l'acide sulfurique ou à l'acide chlorhydrique pour en diminuer la causticité. Si l'air atmosphérique était formé d'oxygène pur, la vie organique cesserait à la surface du sol et la nature inorganique éprouverait aussi des changements notables. L'oxygène pur ou associé à une faible proportion d'azote ne pourrait pas entretenir d'une manière durable la respiration; il produirait des affections inflammatoires dans le sang et dans tous les organes du corps vivant et il occasionnerait rapidement la mort. Sous son influence destructrice, tout ce qui a un caractère organique disparaîtrait bientôt, et même certains métaux, comme le fer, portés en un seul point à la chaleur blanche, deviennent alors inflammables sous l'action d'étincelles projetées par un corps quelconque en ignition. L'azote empêche ces désordres. La permanence dans la composition invariable de l'air atmosphérique est indispensable au maintien de l'équilibre des forces dans la nature.

Contrairement à l'oxygène, l'azote libre de l'atmosphère possède à un très faible degré la faculté d'entrer dans des combinaisons chimiques; il est, comme on dit, indifférent en présence des autres corps. La plante ne l'absorbe pas directement dans l'atmosphère : l'azote qu'elle exige pour la formation de la substance organique doit être fourni sous une autre forme que celle sous laquelle il se présente comme élément constituant principal du mélange atmosphérique. L'azote libre est, moins encore que l'oxygène atmosphérique, un élément nutritif essentiel pour la végétation.

Ce ne sont donc pas les deux éléments principaux de l'air atmosphérique qui fournissent à la plante des moyens d'alimentation et la matière de ses tissus : elle doit y trouver d'autres corps gazeux répandus partout en

proportion plus ou moins considérable. Sous ce rapport, nous avons déjà vu que l'*acide carbonique* est presque exclusivement appelé à livrer le carbone nécessaire à la végétation. La proportion de ce corps répandue dans l'air est variable, mais dans de faibles limites, suivant les conditions locales, le temps qui règne, la direction du vent, etc. On peut admettre, en moyenne, que 10,000 parties d'air atmosphérique renferment en poids 6 parties d'acide carbonique, proportion qui, quoique paraissant insignifiante, est très considérable lorsqu'on la compare au poids total de l'atmosphère enveloppant le globe terrestre. En effet, la couche aérienne, ne comportant pas moins de 3,150 billions de kil. d'acide carbonique, renferme 860 billions de kil. de carbone pur; or, cette quantité suffit pour alimenter le règne végétal tout entier, pendant une série d'années assez longue, du carbone nécessaire à la formation de la substance organique. Mais des phénomènes partout actifs, notamment la respiration des animaux, la combustion, la décomposition, la fermentation, pourvoient au maintien constant de la proportion d'acide carbonique dans l'air; ces phénomènes remplacent sans cesse le gaz incessamment enlevé à l'air par le monde végétal vivant.

De nombreuses expériences et des observations directes, faites avec le plus grand soin, ont montré d'une façon irrécusable que la plante peut puiser dans l'air environnant, par les feuilles et généralement par toutes les parties vertes et par tous les organes vivants, sous forme d'acide carbonique, une quantité suffisante de nourriture carbonée. Toutes les autres conditions nécessaires à la végétation étant remplies, la plante peut parvenir à son entier développement lorsqu'elle ne dispose, comme source de carbone, que de l'air atmosphérique environ-

nant. Toutefois, si l'air est suffisamment riche en acide carbonique pour pourvoir à tous les besoins de la végétation, on ne doit pas en conclure que la plante l'emprunte uniquement à cette source. L'acide carbonique développé dans toute terre fertile par la décomposition des substances organiques, de l'humus, joue aussi un grand rôle dans l'alimentation de la plante. Par là l'air emprisonné dans le sol au voisinage des racines est plus riche en cet élément, et, de plus, l'acide carbonique intervient comme un puissant moyen de dissolution et d'absorption d'agents nutritifs divers dont les racines tirent parti (1).

Le fait de l'enlèvement, par la plante, de l'acide carbonique existant dans l'air qu'elle élabore ensuite dans ses organes est d'une telle importance que, sans cette intervention, l'existence à la surface du globe du monde animal supérieur ne serait pas possible. On a, par exemple, constaté que la santé de l'homme est déjà compromise lorsque, par suite de la respiration, de la combustion, etc., l'air renferme en volume un millième d'acide carbonique et qu'il y a du danger à laisser du bétail dans une étable dont l'air contient plus de trois à quatre millièmes du même gaz.

Il a été question, en commençant ce chapitre, d'une expérience facile dans laquelle on faisait intervenir une faible quantité de sel ammoniac ou de salpêtre à associer à la terre récemment calcinée. Quoique la quantité de sel soit excessivement faible, puisqu'elle ne peut dépasser sans inconvénient 1/3000 du poids de la terre, son action est cependant surprenante, notamment si l'essai porte sur une céréale ordinaire et, en général, sur une graminée. On

(1) Voir le chapitre « Le sol ».

peut se convaincre davantage encore du résultat produit en entreprenant l'expérience dans la terre calcinée sans addition de sel et en la répétant comparativement, sur la même plante, avec le secours du corps étranger. Dans le premier cas, la plante reste rabougrie, comme dans les terres sablonneuses les plus stériles, et fournit 3 ou 4 grains incomplets à la récolte; dans le second cas, la céréale talle fortement, le chaume atteint une hauteur normale et l'épi reproduit parfois jusqu'à 100 fois la semence.

Le sel ammoniac, le corps qui, dans ces conditions, exerce une influence si remarquablement bienfaisante sur la végétation, renferme comme élément essentiel, et ici seul actif, l'*ammoniaque*. A l'état sec, le sel ammoniac est un corps inodore, à texture cristalline; mélangé avec de la chaux en poudre ou éteinte par arrosage avec un peu d'eau, l'ammoniaque se dégage sous forme de gaz; elle est facilement reconnaissable aux propriétés qui la caractérisent. On constate notamment une odeur pénétrante, piquante, analogue à celle que l'on perçoit dans les bergeries et les écuries et qui est due au même corps répandu dans l'air. L'ammoniaque est, en effet, un produit de la décomposition du fumier d'étable; elle se forme partout en proportion variable, comme l'acide carbonique, lorsque des matières organiques azotées (animales ou végétales) sont soumises à la putréfaction spontanée. Lorsque la proportion d'ammoniaque est si faible que sa présence n'est plus reconnaissable à l'odeur qu'elle répand, on en démontre l'existence au moyen du papier dit « de tournesol » dont on plonge une bande dans de l'eau préalablement un peu acidulée au moyen de quelques gouttes d'huile de vitriol (acide sulfurique) ou d'eau-forte (acide nitrique) : le papier acquiert une couleur d'un rouge

vineux. Si l'on met ensuite un morceau de ce papier de tournesol rougi et humide dans une atmosphère où l'on suppose qu'existe de l'ammoniaque, la couleur rouge disparaîtra et la teinte primitive du tournesol réapparaîtra s'il existe réellement de l'ammoniaque dans l'air.

Dans l'expérience mentionnée plus haut, le salpêtre (nitrate de potasse ou de soude) exerce une influence aussi favorable sur la végétation que le sel ammoniac; chacun d'eux peut donc être envisagé comme un aliment pour la plante, d'autant plus important qu'on les emploie en proportion relativement faible, car ils activent l'un et l'autre la végétation d'une manière remarquable. L'élément actif dans le salpêtre est seulement l'*acide nitrique*. On peut isoler ce corps en traitant le sel par un poids égal d'acide sulfurique concentré chauffé légèrement; il se dégage alors des vapeurs très acides et très caustiques, qui, condensées, se résolvent en un liquide jaunâtre et constituant l'acide nitrique fumant; étendue d'eau, la solution devient incolore et forme l'eau-forte ou acide nitrique ordinaire.

L'ammoniaque et l'acide nitrique doivent être considérés comme deux éléments nutritifs essentiels. Quoique très différents dans leurs propriétés, leur présence dans les engrais excerce des effets presque égaux sur la végétation. Ce résultat s'explique facilement : dans des conditions favorables, par exemple dans les sols fertiles ordinaires, l'ammoniaque donne promptement naissance à de l'acide nitrique. Comme nous l'avons déjà vu, l'ammoniaque est un produit ordinaire de la décomposition des matières organiques azotées; elle se forme aussi dans le sol lors de la décomposition des fumiers d'étable. Mais, dans les couches superficielles du sol arable, facilement accessibles à l'air atmosphérique, l'ammoniaque ne

paraît pas pouvoir subsister longtemps; elle se transforme en acide nitrique. Dans les couches profondes, au contraire, où l'accès de l'air est plus difficile, la décomposition des matières organiques ayant lieu en présence de l'humidité nécessaire, il y a quelquefois désoxydation et retour de l'acide nitrique à l'état d'ammoniaque.

La *formation du salpêtre* (nitrification) dans le sol humeux est particulièrement favorisée par une température élevée de l'air, par la porosité du sol et par la présence d'une certaine proportion de chaux. Elle n'a lieu sous notre climat que pendant l'été; elle est très prompte et plus abondante dans les sols à teinte noire, riches en matières organiques, dans les jardins, que dans les terres ordinaires, sous la zone torride que dans les régions tempérées. Dans certaines contrées méridionales, comme en Egypte, dans l'Inde et ailleurs, on obtient de grandes quantités de ce sel en soumettant à des lavages à l'eau, à certaines époques de l'année, les sols riches en humus et en évaporant complètement la solution. C'est ainsi qu'on obtient le salpêtre brut des Indes : il est ultérieurement purifié dans les raffineries et sert principalement à la fabrication de la poudre à tirer. Dans quelques localités du Chili et du Pérou, le salpêtre s'est formé autrefois si abondamment qu'il en existe des dépôts considérables. On l'emploie aujourd'hui en Europe sur une grande échelle à la fumure des terres.

Un phénomène de nitrification analogue à celui qui se produit dans la terre fertile s'observe dans les fumiers de ferme lorsque, étant modérément comprimés, on les accumule et les conserve pendant longtemps en tas. Il en est de même dans les établissements appelés « plantages de salpêtre », où l'on mélange de riches fumiers de ferme, notamment celui de cheval, avec de la poussière de chaux

ou de la cendre de bois dont on forme de petits tas, pénétrables à l'air, que l'on abandonne à l'action des agents atmosphériques. Dans les deux cas, l'ammoniaque d'abord formée par la décomposition de la matière organique se transforme plus ou moins complètement, sous l'influence de l'oxygène de l'air, en acide nitrique.

La chimie nous apprend que l'ammoniaque est une combinaison chimique d'azote et d'hydrogène (1), tandis que l'acide nitrique est formé d'oxygène et d'azote. Ce dernier élément leur est donc commun, et, en fait, c'est aussi l'azote qui, dans les conditions ordinaires du sol, explique l'action presque égale des deux corps. L'acide nitrique et l'ammoniaque, tous deux sous forme de combinaisons salines, fournissent aux plantes presque exclusivement la nourriture azotée qui leur est indispensable, tandis que l'azote libre, répandu dans l'air en grande proportion, ne possède pas la propriété de pouvoir servir *directement* à la nutrition végétale. Plusieurs phénomènes ainsi que les résultats d'expériences exactes montrent que la plante absorbe l'azote principalement sous la forme de nitrates. Un fait conduit d'ailleurs tout naturellement à cette conclusion : c'est la facilité avec laquelle l'ammoniaque du sol passe à l'état d'acide nitrique, notamment lorsque la terre a été convenablement ameublie par des façons mécaniques judicieuses, facilitant la pénétration et la circulation de l'air atmosphérique dans sa masse.

Remarquons toutefois que l'ammoniaque, qui, dans sa combinaison la plus fréquente, notamment en association à l'acide carbonique, est un corps gazeux, est directement

---

(1) Nous nous occuperons spécialement de l'hydrogène au chapitre suivant, consacré au rôle de l'eau dans la végétation.

absorbée dans l'air par les feuilles et prend ensuite part à l'élaboration de nouveaux corps organiques.

Nous nous sommes déjà arrêté dans ce chapitre, consacré à l'examen de l'air atmosphérique, à l'acide nitrique et à l'ammoniaque envisagés comme aliments végétaux essentiels, parce qu'il faut considérer ces deux corps comme ne faisant presque jamais défaut dans l'atmosphère. De même que l'ammoniaque se répand souvent en grande quantité dans l'air des écuries et des bergeries à la suite de la rapide décomposition qu'éprouvent les déjections animales, de même elle naît partout à l'air libre et elle se dégage sous forme de gaz dans l'atmosphère lorsqu'il y a putréfaction rapide de matières organiques azotées. Elle peut même se dégager des terre arables ou des jardins fertiles lorsqu'on fume abondamment au moyen d'engrais de ferme très riches et que le sol est fortement calcaire ou qu'il est de nature sablonneuse. Mais l'ammoniaque et l'acide nitrique peuvent aussi se former dans l'air aux dépens des éléments qu'il contient. Lors de la combustion des matières organiques et même dans le phénomène de l'évaporation de l'eau, les éléments de celle-ci entrent en combinaison chimique, en très faible proportion il est vrai, avec l'azote libre de l'air. Enfin, les décharges électriques qui ont lieu dans l'air provoquent la combinaison de l'azote libre et de l'oxygène; l'examen analytique montre l'existence de l'acide nitrique dans les pluies d'orages.

Dans les pays chauds, sous les tropiques, il n'est nullement douteux que l'azote soit livré aux plantes par la dernière voie, en proportion infiniment plus forte que dans les zones tempérées et plus froides; le salpêtre se développe aussi dans le sol plus rapidement que sous nos climats. N'est-ce pas là une des causes du luxe de végé-

tation propre aux zones tropicales? Dans nos contrées, l'azote assimilable fourni au sol par cette voie acquiert surtout de l'importance pour les forêts et les prairies. Mais en agriculture, surtout dans les régimes intensifs, lorsque, dans un temps donné, la production de matière organique doit être portée au double et même au triple de celle que fournit la végétation abandonnée aux seules richesses naturelles, il est souvent indispensable de seconder l'assimilation des autres éléments nutritifs par un apport de nourriture azotée, à concentrer particulièrement dans les couches superficielles. C'est ainsi que, dans la culture des céréales surtout, c'est-à-dire de nos principales plantes alimentaires, l'expérience générale et des essais directs indiquent que l'on ne peut compter que sur de très chétives récoltes si, au point de vue de la nourriture azotée, on les abandonne à la proportion restreinte de cet élément que fournit l'atmosphère. Il importe donc de veiller sans cesse à conserver, tout d'abord dans le fumier d'étable, et même à ajouter des corps azotés appropriés aux matières fertilisantes que l'on applique au sol.

L'ammoniaque et l'acide nitrique ne peuvent jamais s'accumuler en grande proportion dans l'air parce qu'ils sont très solubles dans l'eau; la pluie et les rosées les entraînent vers le sol où, arrivant au contact de la terre pulvérulente et fertile, ils s'engagent dans des combinaisons fixes et ne redeviennent libres que dans certaines circonstances indiquées plus haut. La quantité d'azote qui, sous forme d'ammoniaque ou d'acide nitrique, est réclamée par une bonne récolte ordinaire varie, en moyenne, par hectare, de 80 à 100 kil. Une céréale parvenue à maturité renferme ordinairement un peu moins d'azote combiné chimiquement, environ 60 kil.; une récolte abondante de betteraves, racines et feuilles, en contient

considérablement plus, soit 120 à 160 kil., et le rendement annuel d'un hectare de trèfle ou de luzerne renferme 160 à 200 kil. d'azote et au delà. Comparativement à ces chiffres, il semble que la quantité d'acide nitrique et d'ammoniaque amenée au sol par les pluies et la neige soit sans importance; en effet, il résulte d'essais concordants, poursuivis pendant plusieurs années dans des lieux variés, que 1 million de kil. d'eau de pluie renferment à peine, en moyenne, 1 kil. d'ammoniaque et moins encore d'acide nitrique. Cette quantité donne par hectare environ 6 à 8 kil. d'azote, tandis que la végétation obtenue sur la même surface exige 80 à 100 kil. d'azote facilement assimilable. Mais il faut ajouter, à l'azote contenu dans les eaux de pluie, celui fourni au sol par d'autres voies en été, c'est-à-dire précisément pendant la période importante pour la végétation. C'est durant cette saison qu'il se dépose des rosées abondantes, surtout dans les prairies; enfin le sol humide enlève directement à l'air ces combinaisons azotées et la plante, par ses feuilles, les prélève directement aussi sur l'atmosphère qui l'entoure(1).

Sous ce dernier rapport, il est spécialement à remarquer que les différentes plantes cultivées se comportent très différemment à l'égard des deux milieux, l'air et le sol, où elles puisent leur nourriture. C'est ainsi que les céréales ordinaires ne fournissent une abondante récolte, toutes les autres conditions étant favorables, que pour autant que le sol renferme, surtout dans les couches superficielles, une notable proportion de nourriture azotée

(1) Suivant M. Berthelot, l'eau de pluie entraîne aussi, outre l'ammoniaque et les nitrates, certains corps azotés, les uns solubles, les autres insolubles, dont l'influence sur la fertilité du sol n'est pas douteuse. (*Note du traducteur.*)

AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION

concentrée. Aussi l'emploi d'engrais riches en azote, comme le guano, le salpêtre du Chili, le bon fumier d'étable, est-il particulièrement rémunérateur. Par contre, les plantes à feuillage abondant, le trèfle surtout, sont beaucoup moins exigeantes sous ce rapport, bien que la masse récoltée en contienne une proportion notablement plus forte, aussi absorbée sous une forme appropriée pendant la durée de leur végétation. On explique ce fait en admettant que les légumineuses ont la faculté d'absorber dans l'air qui les entoure, à la faveur d'un feuillage abondant, la nourriture qu'elles réclament, tandis que les céréales ne jouissent de ce pouvoir qu'à un très faible degré et doivent presque exclusivement la puiser dans le sol. Ajoutons toutefois que les plantes de la famille des légumineuses possèdent des racines ramifiées et puissantes paraissant aptes à prendre leur nourriture azotée dans une solution très étendue; pénétrant profondément dans le sous-sol, elles peuvent aussi y recueillir plus abondamment l'azote, surtout lorsqu'il y existe à l'état de nitrates; or, ces sels s'éloignent assez facilement de la surface, gagnant et s'accumulant dans les couches plus profondes et sortant du rayon dans lequel les céréales, à racines plus superficielles, doivent nécessairement rester.

## CHAPITRE II.

### L'EAU.

Sans humidité dans le sol, c'est-à-dire dans le voisinage des racines, la plante ne peut exister, parce que l'absorption des éléments nutritifs est impossible et que les phénomènes divers qui se manifestent pendant la vie ne peuvent s'accomplir. Aussi longtemps que la plante croît, qu'une formation rapide de substance organique a lieu, le végétal contient dans les parties vertes, herbacées (en sève), jusqu'à 4/5 et souvent une proportion plus élevée encore de son poids d'eau. C'est seulement à l'époque de la maturité du fruit qu'il y a diminution, dans les conditions normales, d'une manière notable de la proportion centésimale d'eau; avec la dessiccation de la plante s'éteint bientôt l'exercice des fonctions vitales.

L'eau pénètre constamment dans la plante par les racines, facilite et rend possibles dans toutes ses parties les phénomènes de la végétation; elle est ensuite rejetée par la surface des parties vertes herbacées. La quantité d'eau traversant la plante pour être rejetée sans change-

ment de nature, mais vaporisée dans l'atmosphère, est extrêmement considérable. L'expérience directe a montré qu'elle peut s'élever, pour les céréales ordinaires, pendant toute la période de la végétation, au chiffre de 2 à 4 millions de kil. par hectare; elle est bien plus importante encore pour les plantes riches en feuilles et possédant de fortes racines, comme le houblon, les arbres à fruits : l'eau évaporée atteindrait la quantité de 6 à 8 millions de kil. par hectare. Cette quantité dépasse donc souvent celle qui, pendant la période de végétation, — laquelle dure cinq à sept mois, — parvient au sol par les pluies et la rosée. On voit qu'au point de vue de la nutrition de la plante, l'eau accumulée dans le sol pendant l'hiver ne reste pas sans emploi; quoique souvent hors de la portée des racines, l'eau du sous-sol est ramenée à la surface, pendant la sécheresse, pour remplacer celle que la végétation enlève. Sans aucun doute, il importe, pour que cette circonstance ait lieu, que la composition mécanique du sol soit favorable, qu'il soit plus ou moins ameubli et poreux. On comprend ainsi la nécessité d'un traitement judicieux de la couche arable et l'influence des labours profonds, facilitant la pénétration des racines, la circulation de l'eau et diminuant les dangers d'une dessiccation trop forte. La plante jouit, il est vrai, de la faculté d'absorber directement dans l'air une certaine quantité d'humidité, notamment pendant la nuit, mais cette quantité n'acquiert sans doute quelque importance que lorsque le sol est très sec à la surface et quand le degré de dessiccation est supérieur à celui de l'air ambiant. Quant au sol, aussi longtemps qu'il renferme encore plus d'humidité qu'il ne peut en retenir à l'état dit sec, il perd sans cesse de l'eau, nuit et jour, et cela plus ou moins vite suivant le degré de température; il ne peut donc enlever directement que des quan-

tités insignifiantes de vapeur aqueuse à l'air ambiant et en fixer dans ses pores. Mais, avant que le sol soit complètement séché à l'air, commence l'étiolement des plantes, c'est-à-dire la suspension d'absorption de l'humidité par les racines. Par contre, les rosées fournissent au sol une humidité abondante, d'autant plus bienfaisante qu'elle se dépose lentement à l'état liquide sur les feuilles et à la surface de la terre, quel que soit d'ailleurs le degré de dessiccation de celle-ci.

La portion d'eau qui traverse la plante et est rejetée sans changement par elle s'appelle *eau de végétation;* une fraction, faible toutefois, de l'eau absorbée par les racines sert d'*eau de nutrition,* c'est-à-dire remplit, à côté d'autres éléments qu'elle introduit dans le végétal, un rôle direct important pour la constitution des tissus.

De même que l'acide carbonique, le salpêtre et l'ammoniaque, l'eau est un corps composé; il résulte de la combinaison de l'*oxygène* avec l'*hydrogène,* associés en poids dans la proportion de 88,89 p. c. du premier et 11,11 p. c. du second, c'est-à-dire exactement 8 fois moins. L'élément nutritif important fourni par l'eau à la plante est l'hydrogène, tandis que l'acide carbonique livre essentiellement le carbone et que l'ammoniaque et l'acide nitrique lui apportent l'azote dont elle a besoin.

On sépare facilement l'hydrogène de l'eau. Si l'on fait passer de la vapeur d'eau à travers un tube rempli de fer rougi au feu, le métal enlève l'oxygène, et l'autre élément, alors isolé, se dégage. La décomposition de l'eau ainsi que les propriétés de l'hydrogène se manifestent mieux encore de la manière suivante : on introduit dans un vase rempli d'eau jusqu'aux deux tiers de sa hauteur des morceaux de fer ou des lanières étroites de zinc en feuille, et l'on ajoute une faible quantité d'acide sulfurique. Il se produit

immédiatement une effervescence et un dégagement abondant d'un gaz que l'on peut recueillir en fermant le vase au moyen d'un tube en caoutchouc dont on introduit l'extrémité libre dans une cuve d'eau où l'on recueille l'hydrogène à l'aide d'un vase cylindrique et rempli d'eau, renversé au-dessus du tube abducteur.

A l'état de liberté, l'hydrogène est, comme l'oxygène et l'azote, un corps gazeux, incolore, inodore et sans saveur. Mais il se distingue particulièrement des deux éléments constituants de l'air atmosphérique par son inflammabilité. Il brûle dans l'air avec une flamme chaude, mais peu éclairante, et forme de nouveau de l'eau en entrant en combinaison avec l'oxygène atmosphérique. Il faut procéder avec prudence lorsqu'on brûle l'hydrogène : il ne peut se trouver dans le vase qui le renferme aucune trace d'oxygène ou d'air si l'on veut éviter les dangers d'une explosion.

Ce qui prouve à l'évidence que l'eau est un aliment direct pour la plante et qu'il faut la considérer comme un élément nutritif essentiel, c'est le résultat de l'expérience, déjà plusieurs fois rappelée, dans laquelle on obtient le développement complet d'une graine semée dans une terre nouvellement calcinée; c'est d'ailleurs ce qui sera confirmé à suffisance par les expériences, décrites plus loin, sur l'élevage des plantes dans des solutions aqueuses d'éléments nutritifs. La substance organique, souvent formée en grande quantité par une plante obtenue en terre calcinée, renferme toujours une proportion variable d'hydrogène. Ce corps ne peut cependant provenir que de l'eau si l'on fait abstraction de la faible quantité que renferme le sel ammoniac, quantité de beaucoup inférieure à celle qui est contenue dans la matière organique produite; au surplus, ce dernier sel peut être remplacé par

l'acide nitrique, ne renfermant pas un atome d'hydrogène.

Tous les corps organiques de la plante, et conséquemment combustibles, résultent essentiellement de l'association de quatre éléments : ce sont le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote, qui, en s'unissant dans des proportions extrêmement diverses, fournissent l'immense variété de produits livrés par le monde organique végétal. Dans la combustion complète et précipitée de la substance organique, comme dans la combustion lente que l'on nomme putréfaction, la dissociation des éléments fournit de l'acide carbonique, de l'eau et de l'ammoniaque ou de l'acide nitrique. On obtient donc alors de nouveaux corps gazeux ou volatils, qui sont précisément les aliments généraux, partout actifs et nécessaires à la végétation, ceux qui, sous l'influence de la lumière et de la chaleur, de la structure propre aux organes et avec le concours de quelques éléments minéraux, renouvellent sans cesse la matière organique.

Une bonne récolte ordinaire de céréale fournit, en moyenne, par hectare, environ 2000 kil. de grain et 4000 kil. de paille et de menue paille. L'analyse chimique décèle, dans la masse totale, en moyenne, la présence de 4928 kil. de substance organique combustible et de 216 kil. de cendres. La substance organique complètement sèche renferme :

| | P. c. | | dans 4928 kil. |
|---|---|---|---|
| Carbone | 49,0 | = | 2414,8 kil. |
| Hydrogène | 6,3 | = | 310,0 — |
| Azote | 1,2 | = | 59,2 — |
| Oxygène | 43,5 | = | 2144,0 — |
| | 100,0 | = | 4928,0 kil. |

Pour produire 4928 kil. de substance organique, total

de la récolte possédant la composition indiquée, il faut la réunion des éléments nutritifs suivants :

| | | |
|---|---|---|
| Acide carbonique | = | 8852 kil. (renfermant 2416 kil. de carbone et 6436 kil. d'oxygène). |
| Ammoniaque | = | 72 kil. (renfermant 59,2 kil. d'azote et 12,8 kil. d'hydrogène). |
| Eau | = | 2676 kil. (renfermant 297,2 kil. d'hydrogène et 2378,8 kil. d'oxygène). |

La substance organique formée par la plante retient donc seulement 2144 kil. d'oxygène, tandis qu'elle a eu à sa disposition 8814,8 kil. (6436 + 2378,8) de cet élément renfermés dans l'acide carbonique et l'eau.

Dans l'exemple qui précède, on a admis que l'azote nécessaire est exclusivement fourni sous forme d'ammoniaque, qu'il pénètre avec ce corps dans la plante et prend part à la formation de la substance organique. Mais, comme le cas est fréquent, lorsque l'acide nitrique prend la place de l'ammoniaque, il faut, en tout, 228 kil. d'acide nitrique anhydre (renfermant 59,2 kil. d'azote et 168,8 kil. d'oxygène) et, en même temps, au lieu de 2676 kil. d'eau, il en faut 2790 kil. (contenant 310 kil. d'hydrogène et 2480 kil. d'oxygène), que la plante décompose et assimile. La quantité totale d'oxygène libre provenant de la décomposition de l'acide carbonique, de l'eau et de l'acide nitrique rejeté dans l'air et non utilisé à la production de substance organique, s'élève alors à 6940 kil. ou, par 1000 kil. de matière organique formée, à 1408 kil.

Les éléments nutritifs généraux, et tout d'abord le carbone et l'azote, sont soumis à une circulation ininterrompue. Ils sont mis en œuvre dans la plante sous l'influence de la lumière et de la chaleur et, simultanément, il y a émission d'une grande quantité d'oxygène, versée dans l'air et servant, comme les substances végétales

formées, à l'entretien de la vie animale. Les matières organiques retenues par l'organisme animal fournissent, dans le processus physiologique dont il est le siège, une combustion donnant lieu à la formation d'acide carbonique chassé avec l'air expiré, tandis que les restes, en quelque sorte non brûlés, de la nourriture passent dans les déjections liquides et solides évacuées. De même, les organismes morts, qu'ils soient d'origine animale ou qu'ils aient appartenu au règne végétal, se décomposent finalement, par la putréfaction et l'altération progressives, en combinaisons inorganiques analogues, auxquelles la plante vivante emprunte les matériaux formateurs de ses tissus.

Il se produit cependant certaines pertes dans le cours de la circulation des éléments de l'atmosphère dans le domaine vivant, et vice versa. C'est ainsi qu'une quantité plus ou moins grande de ces agents est retenue à la surface du sol, engagée dans des combinaisons plus fixes et soustraite à une nouvelle absorption immédiate de la part de la plante. Il est bien connu, en effet, que, dans la prairie comme dans la forêt, partout où il y a une végétation spontanée, il y a, d'année en année, accumulation de la substance humique dans le sol; on constate même généralement cette augmentation dans les terres en culture et elle donne lieu, sur beaucoup de points, à de puissants gisements de tourbe. Il en a été ainsi dans toutes les périodes d'évolution du globe. Les énormes masses de charbon de terre et d'anthracite que l'on retrouve enfouies dans les entrailles de la terre sont les restes non brûlés de générations végétales grandioses. Quel que soit cependant le formidable poids que ces masses représentent, il est encore infiniment faible si on le compare au poids des organismes animaux et végétaux qui ont dû servir à la préparation des corps bitumineux que l'on rencontre dans toutes les roches

déposées par les eaux. A ces quantités il faut aussi ajouter celles, plus élevées encore peut-être, de carbone fixé à l'état d'acide carbonique dans les formations calcaires et les dépôts marneux et qui ne contribue plus à l'alimentation du monde végétal actuel.

Il faut conclure de là qu'originairement, il y a des millions d'années, à l'époque où les roches terrestres ont commencé à se former et où les conditions d'une puissante végétation étaient réunies, une quantité d'acide carbonique plus de 1000 fois plus forte que la moyenne existant aujourd'hui dans l'air a été offerte à l'absorption végétale. Ce n'est que peu à peu, par suite de l'accumulation de carbone à la surface et dans l'intérieur du globe, que la quantité d'acide carbonique a diminué. Toutefois, les mêmes phénomènes sont encore actifs aujourd'hui, quoiqu'ils soient plus lents et beaucoup moins énergiques dans leurs effets que dans ces temps éloignés, et il y a lieu de se demander de quelle manière les dites pertes sont couvertes, afin que l'existence de tout le monde organique, tel qu'il se présente actuellement, ne soit pas compromise.

On pense tout d'abord aux grandes quantités de charbon et d'anthracite, extraites des profondeurs, dont la combustion dans les habitations et les usines répand dans l'atmosphère l'acide carbonique formé. On a, par exemple, calculé que seuls les établissements métallurgiques d'Essen brûlent annuellement 705 millions de kil. de carbone, déversant 2585 millions de kil. d'acide carbonique dans l'atmosphère. Cependant, quelque élevés que soient ces chiffres, ils ne sont, pour ainsi dire, pas à considérer, parce que l'humanité, par le nombre des êtres qu'elle compte et son degré de civilisation, n'existe qu'à raison de conditions spéciales et qu'elle est soumise à des changements relatifs constants. Or, tout ce qui, dans l'économie de la nature,

a reçu un rôle essentiel à remplir doit être soustrait à l'action du hasard, à l'influence entravante ou favorable de l'homme. La question qui nous occupe trouve son éclaircissement dans ce fait, que les sources et, en général, les eaux qui viennent surgir à la surface du sol en beaucoup de points, les éruptions volcaniques, etc., jettent directement des quantités d'acide carbonique dans l'air. La décomposition des matières organiques et bitumineuses, les phénomènes de la putréfaction, de la combustion produisent également, à chaque instant, des quantités incommensurables de carbone.

Nous reconnaissons donc que, à une certaine époque, l'atmosphère enveloppant le globe était très riche en acide carbonique et que le carbone fixé par la végétation s'est déposé peu à peu en grande partie dans la croûte terrestre. Mais il y a lieu de se demander ce qu'est devenu l'oxygène auquel il était combiné et si, actuellement, sous l'empire des mêmes causes de dédoublement d'acide carbonique, la proportion d'oxygène de l'air n'augmente pas sans cesse au point d'éveiller des craintes au sujet de l'avenir du monde organique? A cet égard aussi, il n'y a pas de préoccupations possibles. La désagrégation des roches notamment consomme de grandes quantités d'oxygène et spécialement, par exemple, les roches cristallines que le fer colore, comme les porphyres noirs, les basaltes, etc. Que l'on se représente une couche de basalte désagrégé recouvrant toute la surface terrestre et il suffirait qu'elle eût 191 pieds d'épaisseur pour enlever à l'atmosphère tout l'oxygène qui s'y trouve répandu.

On peut admettre que l'air atmosphérique offre dans son ensemble, quant à l'azote, à l'oxygène et à l'acide carbonique, une composition restant constante. Tous les phénomènes susceptibles d'agir sur elle s'équilibrent dans

leurs effets. La végétation enlève annuellement à l'air une grande quantité d'acide carbonique dont le carbone est fixé dans les produits végétaux, tandis que l'oxygène lui est en majeure partie rendu. Mais celui-ci a un rôle à remplir dans la respiration des animaux, dans la combustion, dans la putréfaction, c'est-à-dire qu'il intervient dans la décomposition complète de la substance organique. Cependant, l'accumulation d'humus, etc., à la surface du sol a pour conséquence de laisser dans l'atmosphère un excédent d'oxygène libre qui est employé par les éléments oxydables des roches en cours de désagrégation. Par là, il y a, d'une part, une quantité importante de carbone et, d'autre part, une quantité d'oxygène soustraites à la rapide circulation des éléments; mais la nature pourvoit au déficit en résultant pour l'air et assure la permanence de composition de celui-ci en y versant sans cesse de l'acide carbonique provenant des couches profondes du sol. C'est là un phénomène d'une grande importance et qui, agissant concurremment avec les autres, règle l'économie générale de la nature et en assure l'ordre actuel. Si, dans les périodes reculées de l'histoire du globe, la quantité d'acide carbonique existant dans l'air était beaucoup plus élevée, celle de l'oxygène libre était peut-être plus faible et le monde vivant entier doit avoir présenté une organisation tout autre que celle qui s'offre maintenant à nos regards à la surface du globe.

La somme de *nourriture azotée* paraît aussi, dans son ensemble, avoir diminué par suite de l'accumulation de restes organiques divers à la surface et dans l'intérieur de la croûte terrestre. Les charbons, les substances bitumineuses, la tourbe et l'humus renferment toujours de l'azote chimiquement combiné; leur teneur en cet élément varie de 0,25 à 2 p. c. De plus, lors de l'active

combustion de la matière organique, lorsque la température est très élevée, l'azote existant est partiellement mis en liberté; au surplus, il y a fréquemment aussi émission d'azote libre dans les phénomènes de décomposition. Et comme le végétal, d'après nos connaissances actuelles, n'a pas la propriété d'assimiler l'azote libre de l'air, mais qu'il n'emprunte cet élément, nécessaire à la formation de la matière organique, qu'à certaines combinaisons, et tout d'abord à l'acide nitrique et à l'ammoniaque, il faut, pour parer à la perte d'azote fixé chimiquement dans les dépôts prérappelés, qu'une restitution suffisante soit offerte à la végétation.

Nous ne connaissons pas de phénomène naturel ayant pour conséquence de livrer en retour, à l'air, de la nourriture azotée, comparable à celui que nous avons signalé pour l'acide carbonique sortant des couches profondes du globe. Sans doute dans les gazomètres, lors de la distillation sèche de la houille, on recueille, comme produit accessoire, beaucoup d'ammoniaque; il est vrai aussi que l'agriculture reçoit aujourd'hui d'énormes quantités d'azote sous forme de guanos et de nitrate de soude. Mais, quelque élevés que soient ces apports d'azote, ils ne peuvent guère entrer en ligne de compte, attendu que, dans l'économie générale de la nature, il s'agit de besoins hors de proportion avec ces importations et que, au surplus, il faut écarter toutes les compensations de hasard. Par contre, on a déjà indiqué (p. 21) qu'il y a, dans la nature, des phénomènes généraux actifs producteurs d'azote combiné. Sous leur influence, l'azote libre de l'atmosphère s'unit tantôt à l'oxygène, tantôt et simultanément à l'oxygène et à l'hydrogène, c'est-à-dire aux éléments de l'eau; il peut alors contribuer à l'alimentation de la plante. La tension et les décharges électriques

dans l'air, l'influence de l'ozone, l'évaporation de l'eau, la combustion lente de la matière organique, peut-être aussi le sol poreux et d'autres circonstances sur lesquelles la lumière n'est pas faite, provoquent la combinaison de l'azote libre et sa transformation en corps alimentaire pour le végétal. Sans doute, il ne s'agit alors, pour chaque cas, que de très petites quantités d'azote, mais les conséquences de ces phénomènes sont cependant démontrées et, si l'on considère qu'ils sont sans cesse universellement actifs, on ne peut douter qu'il n'y ait aucune perte en nourriture azotée.

Finalement, on peut encore se demander si la quantité absolue d'azote atmosphérique ne diminuera pas d'une manière inquiétante si la fixation et l'accumulation de ce corps à la surface de la terre ne sont pas contre-balancées par des émissions originaires des couches profondes du globe, ainsi que nous l'avons constaté pour le carbone et l'oxygène? Quand on réfléchit à la période presque sans commencement pendant laquelle les couches terrestres se sont formées et déposées, on constate assurément qu'une énorme quantité d'azote a été peu à peu soustrait à la circulation générale et que, autrefois, l'atmosphère terrestre a dû être beaucoup plus riche en azote qu'aujourd'hui, de même que cela est démontré pour l'acide carbonique. Néanmoins, dans la constitution qu'affecte la nature dans sa phase historique actuelle, il ne peut être question d'une diminution de quelque importance dans la quantité d'azote atmosphérique. En effet, on ne peut méconnaître qu'il y a largement cent fois moins d'azote que de carbone retenu dans les combinaisons solides de la surface du globe, et que, d'autre part, l'atmosphère renferme environ 4700 fois plus d'azote que de carbone, ce dernier à l'état d'acide carbonique. La quantité d'azote atmosphérique est telle-

ment prodigieuse, que les pertes possibles ne pourraient, tout au plus, s'élever, même dans le cours de plusieurs milliers d'années, qu'à un millionième. Pareille diminution aurait pour conséquence de modifier la composition de l'air atmosphérique d'une façon non appréciable à l'analyse chimique; elle serait donc de nulle importance dans l'économie générale de la nature.

L'acide carbonique, l'eau et l'ammoniaque, auxquels s'ajoute l'acide nitrique, sont donc, en quelque sorte, les corps qui livrent exclusivement les matériaux nécessaires à la préparation de la substance végétale organique. On les appelle des *aliments atmosphériques* parce qu'ils existent constamment en plus ou moins grande proportion dans l'air, tandis que ceux que nous examinerons plus loin ne s'y rencontrent jamais en quantité considérable et ne peuvent provenir que du sol. Il n'est cependant pas permis d'en conclure que les aliments atmosphériques soient directement et exclusivement absorbés dans l'air ambiant par les feuilles et que ce dernier puisse les livrer, en toutes circonstances, en quantité suffisante : cela est tout au plus vrai pour l'acide carbonique. Quant à la nourriture azotée, elle est surtout livrée par le sol, et il faut la lui fournir dans la culture de la plupart des plantes, et ce sous un état assimilable.

En ce qui concerne l'*eau,* elle provient presque exclusivement du sol, d'où elle passe dans la plante par les racines. Même la plante étiolée ne peut absorber dans l'air, par les feuilles, qu'une proportion à peine appréciable d'humidité, et la faculté des terres poreuses d'attirer la vapeur d'eau suspendue dans l'air ne suffit pas pour contribuer d'une manière importante à l'accroissement du végétal et à le préserver d'une décrépitude rapide, lorsque l'eau fait défaut dans le sol.

L'eau n'est pas seulement utile à la vie et à la crois-

sance de la plante comme aliment direct et comme eau de végétation. Elle sert aussi de véhicule à d'autres éléments, non moins indispensables que ceux que nous avons appelés atmosphériques, bien qu'ils ne prennent pas une part directe à la formation de la matière organique. En effet, l'eau du sol, après avoir été pendant un temps plus ou moins long en contact avec les particules terreuses, renferme à l'état de dissolution une certaine proportion de *corps minéraux* qui restent, lors de l'évaporation du liquide, sous forme d'une masse saline. C'est précisément la nature des corps que l'eau renferme éventuellement en proportions très variables qui détermine les effets que des eaux différentes exercent sur la végétation, en leur communiquant parfois des propriétés fertilisantes qui en justifient l'emploi à l'irrigation des prairies.

Presque toutes les eaux renferment de la *chaux* à l'état de dissolution; c'est ce corps qui leur communique la crudité ou la dureté particulière à certaines sources. Il suffit fréquemment, pour constater la présence de la chaux, de soumettre l'eau pendant quelques instants à l'ébullition. Il se forme alors un précipité pulvérulent blanc, qui, traité par les acides (l'acide nitrique, l'acide acétique, l'acide chlorhydrique), se dissout facilement et avec effervescence. Le dépôt blanc est du *carbonate de chaux*, insoluble dans l'eau pure, mais s'y dissolvant quand elle renferme de l'acide carbonique libre; le carbonate se précipite lorsqu'on éloigne l'acide par l'évaporation. On reconnaît aussi promptement la présence de la chaux au moyen de l'acide oxalique (sel d'oseille), surtout si l'on ajoute en même temps un peu d'ammoniaque. Les eaux calcaires prennent aussi une teinte opaline, transparente, par l'addition d'une faible quantité d'eau-de-vie ordinaire dans laquelle on a dissous du savon.

Il est souvent d'un grand intérêt, notamment lorsque l'eau est destinée aux usages industriels (brasserie, sucrerie) ou à l'irrigation des prairies, de pouvoir déterminer au moins approximativement sa teneur en chaux. Une solution très diluée de savon, préparée de la manière suivante, peut fournir ce résultat : On enlève en lames minces au noyau d'une boule de savon dur, au moyen d'un couteau, environ 5 grammes de substance, que l'on dissout dans 500 grammes d'eau-de-vie concentrée, modérément chauffée. Si la solution est trouble, on la filtre; elle se conserve très facilement dans un flacon fermé. Lorsqu'on veut essayer la dureté d'une eau, on prend 100 grammes de la solution, on y ajoute 40 grammes d'eau-de-vie et 100 grammes d'eau distillée. On mesure ou bien on pèse chaque fois 100 grammes de l'eau à examiner, dont on remplit à moitié un petit flacon. On y verse ensuite peu à peu, par petites portions, la solution étendue du savon, et on obtient bientôt une mousse abondante, fine, qui persiste pendant environ cinq minutes à la surface du liquide; aussi longtemps que la proportion de savon est insuffisante, l'agitation ne produit que des bulles volumineuses qui disparaissent rapidement. L'apparition d'une mousse persistante à la surface du mélange indique la fin de l'expérience; on détermine la proportion de la solution de savon, en volume ou en poids, nécessaire pour atteindre ce résultat; plus cette proportion est élevée, plus la richesse en chaux est considérable. L'addition des premières portions de la solution de savon doit seulement troubler légèrement l'eau, la rendre opaline; s'il se produit immédiatement des flocons et si, en agitant le vase, il apparaît une peau mousseuse, caractéristique, il est permis de conclure que la chaux est très abondante, et, alors, le moment où se montre la mousse n'est pas toujours facile à déterminer. Dans ce

cas, on tente une seconde expérience avec la moitié ou le tiers de la quantité indiquée d'eau à essayer (50 ou 35 grammes), que l'on étend d'une quantité égale ou double d'eau de pluie ou d'eau distillée avant d'y verser la solution titrée de savon.

L'expérience est beaucoup plus prompte et la quantité de la solution de savon à employer plus faible si l'on a porté préalablement l'eau à l'ébullition. Si donc on essaie une quantité d'eau égale avant et après l'ébullition, on obtient, dans le premier cas, ce que nous appellerons la crudité ou *dureté totale,* dans le second cas, la *crudité permanente;* la différence entre les deux degrés indique la *crudité passagère,* que l'on peut éloigner par une simple ébullition. Il suffit donc de porter les eaux dures à la température de l'ébullition pour enlever leur funeste qualité. Le même résultat s'obtient d'ailleurs dans des conditions naturelles lorsque l'eau est exposée en couches minces à l'air, en ralentissant son cours ou en la faisant reposer dans des réservoirs spacieux. On peut diminuer artificiellement la dureté d'une eau en y versant une petite quantité d'eau de chaux et en agitant le tout; au bout de peu de temps, la chaux ajoutée, ainsi que la plus grande partie de celle existant dans l'eau, s'unit à l'acide carbonique et il se forme une poudre blanche, qui se précipite.

La chaux existe quelquefois dans les eaux sous la forme de *plâtre,* c'est-à-dire à l'état de sulfate et non de carbonate de chaux. L'addition d'un peu d'acide chlorhydrique, puis de quelques gouttes d'une solution de baryte, que l'on obtient dans toutes les pharmacies, produit dans les eaux gypseuses un trouble laiteux. Le *sel de cuisine* se rencontre aussi ordinairement en proportion plus ou moins considérable dans les eaux. On reconnaît sa présence au moyen de la pierre infernale (nitrate d'argent),

que l'on dissout, et l'on ajoute un peu d'acide nitrique; on observe alors un précipité léger ou simplement un trouble dans l'eau essayée. Lorsque l'eau est examinée au point de vue du *fer* qu'elle peut renfermer, on l'acidifie d'abord légèrement au moyen d'acide chlorhydrique et l'on ajoute quelques gouttes d'une solution de ferrocyanure de potassium : s'il existe du fer, la solution prend une teinte bleue plus ou moins foncée. Presque toutes les eaux renferment, en outre, en dissolution, des proportions variables de magnésie et d'alcalis, ainsi que des nitrates et même des traces d'ammoniaque.

La quantité totale de matières minérales tenues en dissolution dans les eaux varie de 2 à 100 parties pour 100,000 parties en poids d'eau. L'eau atmosphérique est celle qui, sous forme soit de pluie, soit de neige, se rapproche le plus de l'eau distillée par son degré de pureté; elle renferme une très faible proportion de sels minéraux solubles, mais elle n'en est jamais complètement dépourvue. L'eau de rivière et d'étang est beaucoup plus riche sous ce rapport que l'eau de pluie, mais l'est moins que l'eau de source; celle-ci, ordinairement plus riche en carbonate de chaux et moins modifiée par l'absence du contact de l'air, est généralement crue quoique plus rafraîchissante et d'un goût supérieur à celle de rivière. L'eau de source est quelquefois dépassée, au point de vue de la richesse minérale, par celle qui s'écoule des terres arables fertiles, fumées récemment, et par celle provenant des cours de ferme ou ayant traversé des villages. Les eaux de drainage, comme celles de sources, sont presque toujours riches en chaux. L'eau de source possède généralement une composition assez constante parce qu'elle parcourt les mêmes couches géologiques, lave les mêmes roches; celle des fleuves et des lacs est, au contraire, soumise

à des variations importantes suivant les saisons et les conditions météorologiques.

Les matières minérales dissoutes dans l'eau et énumérées plus haut sont, pour la plupart, des aliments indispensables et essentiels pour la végétation ; on les retrouve dans la cendre des plantes. Cependant, elles ont une importance pratique inégale pour la végétation des plantes ordinaires de nos cultures, soit parce qu'elles sont absorbées en proportions très différentes, soit et surtout parce qu'on les rencontre dans la nature sous des états qui permettent plus ou moins leur assimilation. Ainsi, la chaux et le fer sont répandus presque partout en quantité notable et existent dans la plupart des terres fertiles en proportion suffisante. Bien que très importants au point de vue de la nutrition végétale et de la composition des fumiers que l'on incorpore au sol ou des eaux dont on arrose les prairies, la chaux et le fer ne méritent donc pas qu'on leur accorde l'attention que réclament les autres éléments, notamment l'acide phosphorique, la potasse et parfois aussi la magnésie, que les sources naturelles présentent moins abondamment à la végétation. Le pouvoir fertilisant des eaux ou leur utilité pour les usages agricoles, particulièrement pour l'irrigation des prairies, n'est donc nullement déterminé par la proportion totale des éléments nutritifs qu'elles tiennent en dissolution, mais bien par leur richesse en ces substances qui, relativement à la composition minéralogique moyenne des terres, font le plus facilement défaut et sont cependant impérieusement exigées pour obtenir une végétation luxuriante.

Déjà les plantes croissant à l'état sauvage et qui poussent vigoureusement dans les eaux ou sur les bords des fleuves, des lacs, des ruisseaux, des fossés d'écoulement, fournissent de précieux indices d'appréciation de la

valeur d'emploi des eaux à l'irrigation des prairies. Les plus fécondantes sont généralement celles où se développent avec vigueur les plantes appelées *douces,* par opposition aux plantes *aigres,* et toutes celles à feuillage abondant. Les eaux dans lesquelles croissent la fétuque flottante, le plantain aquatique, celles dont la surface est recouverte de nénuphars ou de lentilles d'eau sont ordinairement les plus riches. Des essais d'irrigation faciles, appliqués à de petites étendues, donnent, au surplus, des indications suffisantes pour l'appréciation de la richesse si variable des eaux.

On a fait dans ces derniers temps l'observation que beaucoup de plantes ne se développant, dans les conditions naturelles, que dans un sol dur, relativement sec, peuvent atteindre leur complète croissance, depuis la germination jusqu'à la maturité des fruits, dans l'eau ou dans une solution aqueuse d'aliments nutritifs appropriés, c'est-à-dire sans le secours du sol. L'avoine convient surtout pour ces essais. On fait germer quelques grains de cette céréale dans du sable de rivière ou dans de la terre meuble et aussi stérile que possible. Aussitôt que la première feuille est développée, on enlève la plantule avec soin afin de ne pas blesser les radicelles, qu'on lave avec de l'eau pure. On place ensuite une ou deux plantes dans des vases à goulot assez large, pouvant contenir 2 litres d'eau. On ferme le vase ou la bouteille au moyen d'un bouchon de liége, coupé en deux moitiés dans le sens de la hauteur et percé longitudinalement d'une ouverture de 2 centimètres de diamètre. On fixe avec précaution les jeunes plantes dans cette ouverture, en les y entourant d'un anneau de coton lâchement serré, de manière que les racines plongent dans l'eau et que les cotylédons soient bien exposés à l'air au-dessus du bouchon. On enveloppe ensuite le vase au

moyen d'un papier épais, afin de soustraire complètement les racines à l'influence de la lumière. Le bord supérieur du flacon ainsi que le goulot doivent aussi être enduits d'une solution de cire à cacheter dans de l'esprit-de-vin. Lorsque la lumière frappe les racines, il apparaît une végétation verte (des conferves et des algues) nuisible à l'expérience. On renouvelle l'eau du vase tous les quatorze jours, en ayant soin de la remplacer par de l'eau fraîche de même origine; lorsque la température extérieure est élevée et le développement de la plante rapide, on ajoute, au bout de deux ou trois jours, l'eau qui disparaît par l'évaporation. Les vases doivent naturellement être placés dans un lieu à l'abri des vents et des pluies et protégé contre l'ardeur du soleil.

Lorsque l'expérience est faite simultanément avec trois eaux différentes, soit avec de l'eau de pluie, de l'eau ordinaire de puits ou de source et au moyen d'une eau que l'on peut considérer comme très fertile parce qu'elle provient, par exemple, d'un jardin à sol profond et riche, fumé chaque année, on observe les phénomènes suivants :

La jeune plante émet en grande abondance des radicelles dans l'eau de pluie, mais elles sont déliées, d'une ténuité extrême, se feutrent dans le vase et semblent y rechercher partout la nourriture qui fait défaut; la portion supérieure de la plante est souffreteuse, les feuilles sont rares, étroites, le chaume ne se développe pas et la plante périt au bout de quelques semaines. L'eau de source ou de puits offre déjà au végétal un aliment plus complet, variable suivant la nature de l'eau. Les racines restent encore minces et allongées, mais elles sont plus fortes que dans le premier cas, la tige grandit et fructifie; fréquemment il y a tallement, bien que les axes nouveaux meurent et que la tige principale seule fournisse des grains complets possédant la faculté germinative. La plante se développe

normalement, est notablement plus forte et donne un rendement plus abondant en grain lorsque l'expérience a lieu au moyen d'une eau fertilisante.

Les essais analogues entrepris dans des solutions artificielles de corps nutritifs sont extrêmement instructifs. Ils fournissent des indications claires sur les conditions diverses de la végétation et notamment sur la nature des éléments nutritifs généraux indispensables, de même que sur ceux qu'elle doit spécialement trouver dans le voisinage immédiat des racines ou sur ceux qu'elle doit prendre dans le réservoir inépuisable de l'air. Ces expériences ont lieu d'après les indications données plus haut. Quant aux solutions, on les prépare de la manière suivante :

On dissout dans 2 litres d'eau pure de pluie ou d'eau distillée 750 milligrammes de phosphate acide de potasse, 500 milligrammes de salpêtre ou nitrate de potasse ordinaire, 500 milligrammes de nitrate de chaux et 250 milligrammes de sulfate anhydre de magnésie (ou bien au moins 500 milligrammes de sulfate cristallisé). Le liquide renferme alors 2 grammes de substances minérales et possède une concentration de 1 p. m. Une solution de 1/2 à 1/4 p. m. suffit souvent pour déterminer une belle végétation des plantes à l'essai. On trouve les sels indiqués chez les droguistes et, à prix réduit, dans les fabriques de produits chimiques. On obtient aussi un liquide nutritif analogue par le procédé suivant : On dissout 1 gramme ou 1 1/2 gramme de cendre d'os, c'est-à-dire d'os brûlés à blanc et pulvérisés, dans la plus faible quantité possible d'acide nitrique. On décompose ensuite au moyen d'un peu de potasse purifiée, jusqu'à ce que, après agitation, il ne reste plus que des traces d'une substance floconneuse insoluble et qui se sépare. On étend la solution au moyen de 2 litres d'eau et on ajoute encore 1/2 gramme de salpêtre

ordinaire, la même quantité de sulfate de magnésie du commerce et quelques gouttes d'une dissolution faible de sulfate de fer. On renouvelle le tout, pendant la durée de la végétation, au bout d'une période de trois ou quatre semaines. Fréquemment, les plantes élevées dans ces solutions restent chlorotiques pendant la première période de leur croissance. Dans ce cas, on ajoute de nouveau une faible quantité de sulfate de fer (environ 3 grammes d'une dissolution de 1 gramme de sulfate dans 100 grammes d'eau); les feuilles prennent une couleur verte intense en deux ou trois jours(1).

---

(1) Ces essais présentant un grand intérêt, je donnerai quelques autres indications sur la préparation des solutions nutritives. On dissout, par exemple, 16 grammes de cendre d'os pure, finement pulvérisée, dans de l'acide nitrique très dilué et on chauffe légèrement. On cherche à éviter un excès d'acide en versant celui-ci goutte à goutte, et, après avoir agité la solution et l'avoir longtemps chauffée, on ajoute encore un peu de cendre d'os jusqu'à ce qu'il en reste une faible quantité non dissoute. Le liquide étant faiblement chauffé et étendu au moyen d'un peu d'eau distillée, on y verse une ou deux gouttes d'une solution aqueuse de carbonate de potasse que l'on renouvelle, le liquide étant d'ailleurs soigneusement agité, jusqu'à ce qu'il reste un faible précipité ne se dissolvant plus. Enfin, on dissout dans le liquide 16 grammes de nitrate de potasse, 3 grammes de sel marin pur et on dilue le tout avec de l'eau distillée jusqu'à ce qu'on ait $^1/_2$ litre de solution. Un autre flacon reçoit 12 grammes de sulfate de magnésie cristallisé, que l'on dissout dans de l'eau distillée ou de l'eau de pluie pure; on dilue ainsi jusqu'à ce que l'on ait $^1/_2$ litre de solution. On conserve ces deux solutions séparées dans des flacons bien bouchés; en les mélangeant, il se produirait un trouble et une précipitation de plâtre ou sulfate de chaux. En mesurant 10 centimètres cubes ou en pesant 10 grammes de chacun des liquides, on obtient presque exactement 1 gramme de sel nutritif anhydre ; en les versant dans 2 litres ou 2000 grammes d'eau de pluie, on forme une solution nutritive présentant $^1/_2$ p. m. de concentration, particulièrement convenable pour la plupart des expériences.

On obtient une solution de même concentration en procédant ainsi : On pèse 48 grammes d'un superphosphate minéral à 20 p. c. d'acide

L'avoine, l'orge, le maïs, la féverole, le sarrasin et beaucoup d'autres plantes croissent vigoureusement dans ces solutions. J'ai obtenu de cette façon des plantes d'avoine développant 30 à 40 tiges par grain de semence et d'un rendement de 500 à 1000 grains complètement développés, reproduisant ensemble jusqu'à 3000 fois le poids de la substance sèche de la semence. Des produits analogues s'obtiennent rarement, même dans la meilleure terre de jardin, ce qui prouve bien que la solution saline contenait tous les éléments que la racine doit rencontrer dans son cercle d'action pour atteindre un développement complet. Les plantes forestières, comme le hêtre, le chêne, le bouleau, l'aune, l'accacia, croissent excellemment dans

---

phosphorique soluble ou bien 60 grammes d'un superphosphate de charbon d'os à 16 p. c. d'acide phosphorique soluble, sur lesquels on verse 300 grammes d'eau distillée et on laisse reposer pendant quelques heures à la température ordinaire en agitant le liquide de temps à autre. Après avoir filtré 200 grammes du liquide, on ajoute à celui-ci, modérément chauffé, quelques gouttes d'une solution étendue de carbonate de potasse purifié ; cette addition a lieu par gouttes jusqu'à ce que le précipité abondant qui se forme disparaisse presque complètement. On agite activement le mélange pendant cette préparation. D'autre part, on forme une solution de nitrate de chaux en pulvérisant 4 grammes de craie sur laquelle on verse de l'eau ; on chauffe légèrement et on ajoute quelques gouttes d'acide nitrique très étendu jusqu'à ce que, la craie étant dissoute, il n'y ait plus de dégagement de gaz. Le liquide obtenu doit être neutre, c'est-à-dire ne pas colorer en rouge le papier bleu de tournesol ; si la coloration rouge se montre, on ajoute à la liqueur, en l'agitant et la chauffant légèrement, un peu de poussière de craie, jusqu'à ce que la réaction acide cesse. On obtient de cette façon une solution de chaux que l'on verse dans la première préparation et on ajoute encore au mélange 24 grammes de nitrate de potasse (salpêtre) et 3 grammes de sel marin ; on ajoute de l'eau distillée jusqu'à concurrence de $^1/_2$ litre de la solution totale. Ainsi préparés, 10 grammes de liquide renferment environ 1 gramme de matières nutritives, si l'on y ajoute, en outre, 10 grammes de la solution de sulfate de magnésie dont il a été question plus haut.

des conditions semblables, lorsqu'on les place, dès qu'elles ont achevé leur germination, dans une eau n'ayant qu'une concentration de 1/4 à 1/8 p. m.

Le sable le plus stérile, le gravier fin, arrosés de temps à autre au moyen de la solution nutritive ci-dessus, permettent le développement complet de presque tous les grains, pourvu que l'humidité nécessaire leur soit fournie. Les fleurs et les légumes, semés dans une terre ordinaire et fécondés par des arrosages répétés de la solution nutritive diluée, livrent souvent une végétation extrêmement luxuriante. On atteint le même résultat par la préparation très simple qui suit : On dissout, dans 2000 parties d'eau, en poids, 1 partie de superphosphate de guano des îles Baker (on peut d'ailleurs employer tout autre superphosphate riche en acide phosphorique soluble), 1/2 partie de salpêtre ordinaire et 1/4 de sulfate de magnésie; on remue le mélange avec soin. Une solution plus économique, mais un peu moins efficace, s'obtient en dissolvant dans 2000 parties d'eau un mélange formé de 1/2 partie de superphosphate, 1/2 partie de salpêtre du Chili et 1/2 partie de sel potassique de Stassfurt à 80 p. c. de sulfate de potasse.

Ces solutions nutritives, qui favorisent d'une manière si remarquable la croissance des plantes, depuis la germination jusqu'à la maturité des fruits, renferment les éléments suivants : la potasse, la chaux, la magnésie, l'acide phosphorique, l'acide sulfurique, l'azote à l'état d'acide azotique et une faible proportion de fer.

Ces corps sont, en général, des éléments nutritifs indispensables à toutes les plantes; ils doivent nécessairement se trouver dans le voisinage des racines, sous une forme assimilable, et y exister dans des proportions relatives appropriées. L'absence complète de l'un peut rendre les

autres inactifs; la plante dépérit et meurt au bout de peu de temps. La potasse, la chaux, la magnésie, l'oxyde de fer, l'acide phosphorique et l'acide sulfurique sont, dans leurs combinaisons salines, des éléments minéraux fixes; ils forment avec la silice la plus grande masse des cendres obtenues par l'incinération des plantes développées dans des conditions normales. Ils constituent également les éléments principaux des divers engrais au moyen desquels l'agriculture peut entretenir d'une manière durable et élever la fertilité du sol. Le chlore et la soude se rencontrent aussi fréquemment dans les végétaux; mais, comme la silice, ils ne peuvent être considérés comme des aliments généraux indispensables à toutes les plantes.

La *chaux* existe en grande masse à la surface du sol; comme élément de la terre fertile, elle élève son aptitude productive en l'ameublissant et en accélérant la décomposition organique et la désagrégation. La chaux est, en outre, un aliment nutritif direct pour la plante; on l'applique aux terres qui en manquent par l'opération du chaulage ou du marnage.

La *magnésie* entre dans la formation du sel dit « de Glauber » ou sulfate de magnésie; elle accompagne presque toujours la chaux dans la nature. Certaines pierres calcaires appelées dolomitiques renferment jusqu'à 10 et 20 p. c. de magnésie; les chaux ordinaires, 1/2 jusqu'à 5 p. c.; elle existe toujours dans les marnes. Les grains contiennent la magnésie en proportion relativement considérable, tandis que la chaux est surtout retenue dans les feuilles et les tiges des plantes.

L'*oxyde de fer* est le même corps que l'on désigne vulgairement sous le nom de rouille et qui apparaît lorsque le fer métallique est exposé à l'air humide. Quoique cet oxyde n'existe parfois dans les plantes qu'en très faible quantité

LIBRARY
UNIVERSITY OF ILLINOIS

et ne dépasse même pas la proportion de 1/2 à 1 1/2 p. c. de la cendre, on doit considérer le fer comme étant aussi impérieusement nécessaire que les autres éléments formant peut-être la plus grande masse de la plante. On a constaté, dans de nombreuses expériences de végétation faites au moyen de terres artificielles, ainsi que dans les élevages dans des solutions nutritives, qu'en l'absence complète du fer, la plante conserve un aspect chlorotique, la teinte verte disparaît presque entièrement, la végétation reste chétive; si le manque de fer se prolonge, la plante ne tarde pas à périr.

La *potasse* est un aliment nutritif très important pour la plante; elle forme souvent la moitié du poids de la cendre. En traitant la cendre des végétaux par l'eau et en évaporant la solution filtrée, on obtient le carbonate de potasse brut, dont la valeur commerciale est déterminée par le degré de richesse en alcali. La potasse est nécessaire à la formation de toutes les parties des plantes; elle est réclamée par les graines, les feuilles et la paille. Toutefois, dans la moyenne des circonstances, elle exerce une influence qui se manifeste particulièrement sur les tiges et les feuilles. Conséquemment, dans les conditions où on emploie les sels de potasse, comme ceux de Stassfurt par exemple, à la fumure directe des terres, il est à conseiller de les appliquer surtout aux plantes à feuillage abondant, notamment au trèfle, à la luzerne, aux vesces et aux prairies.

Au point de vue agricole, l'*acide phosphorique* est, de tous les éléments minéraux des plantes, celui qui présente le plus d'importance. C'est ce corps qui est presque exclusivement actif dans les superphosphates; c'est aussi en grande partie à son action qu'il faut attribuer la remarquable influence de la farine d'os et du guano sur la végétation des plantes cultivées. On rencontre surtout l'acide

phosphorique en proportion notable dans les graines de toutes les plantes; il forme, par exemple, la moitié du poids de la cendre du grain de seigle et de froment, tandis que le reste de la plante en renferme rarement plus de 5 et, au maximum, 16 p. c. On comprend, dès lors, et l'expérience directe confirme cette assertion, que l'on ne peut fonder l'espoir d'obtenir une production abondante et un grain bien fourni qu'à la condition que la plante ait la faculté d'absorber, par les racines, une proportion suffisante d'acide phosphorique. Dans les circonstances ordinaires de l'exploitation du sol, où l'on fait un usage presque exclusif de fumier d'étable, on récolte beaucoup de paille et de feuilles, tandis que la production en grain et peut-être celle des racines et des tubercules diminuent, quelque favorables que soient d'ailleurs les conditions atmosphériques, et on a toutes raisons d'essayer, concurremment avec l'application des fumiers, l'emploi des engrais minéraux concentrés, riches en acide phosphorique, que le commerce offre partout à l'agriculture.

On doit aussi considérer l'*acide sulfurique*, tel qu'il nous est présenté dans ses combinaisons salines, comme un élément indispensable à la plante. A l'état de liberté, il forme le liquide vulgairement nommé huile de vitriol. Il existe en grande quantité dans la nature, associé à la chaux (plâtre), et s'obtient généralement à peu de frais. On connaît les résultats souvent avantageux de son application aux plantes de la famille des légumineuses.

Les corps minéraux fixes, ou éléments des cendres, examinés jusqu'ici sont tous des aliments nutritifs indispensables à la plante. Si celle-ci n'a pas l'occasion d'absorber dans le voisinage de l'appareil radiculaire au moins la proportion minimum nécessaire de chacun d'eux, elle ne peut se développer; aucune végétation, aucune production

de substance organique végétale ne peut avoir lieu. Il ne paraît pas en être de même pour la *silice*, bien qu'un bon nombre de plantes, dans les conditions naturelles, et particulièrement les céréales et toutes les plantes herbacées, l'enlèvent en grande quantité au sol. Les derniers essais de végétation dans des solutions aqueuses ont suffisamment montré que même les céréales peuvent acquérir un vigoureux développement, fournir des grains complètement mûrs, en l'absence de la silice dans les éléments nutritifs qui les alimentent. La silice ne possède donc pas, pour la formation de la substance organique végétale, la même importance immédiate que les éléments minéraux précédemment examinés. Cependant, comme tout a son but dans la nature, l'absorption de ce corps, dans les conditions naturelles, ne peut être sans utilité. Tout porte à croire que la silice favorise la maturité des céréales, la rend uniforme, que c'est cet élément qui assure, même dans des conditions atmosphériques défavorables, le complet développement de la graine et sa maturation à une époque convenable; or, le grain représente une grande partie du poids total de la plante des céréales. Ce résultat s'obtient par l'accumulation graduelle de la silice dans les feuilles, dont la vitalité s'arrête de bonne heure, ce qui détermine la sève à prendre la direction du grain avec plus d'activité et à lui procurer les éléments nécessaires à sa prompte formation. Cette migration de la silice vers les feuilles, dans les plantes herbacées, s'effectue, en effet, précisément dans la période qui sépare la floraison de la maturité, c'est-à-dire à un moment où la plupart des autres éléments minéraux sont absorbés par la plante en proportion relativement faible. Il est vraisemblable que la silice contribue aussi à abaisser à un certain minimum la proportion des autres éléments nutritifs nécessaires et directement

actifs, c'est-à-dire qu'elle prévient un emploi luxueux de ces derniers. On constate, en effet, chez les plantes céréales obtenues dans des solutions nutritives privées de silice, que la maturité du grain est rarement uniforme et que la quantité totale de cendres est souvent beaucoup plus élevée que chez les céréales développées dans des conditions normales. L'expérience montre que l'opinion autrefois dominante, d'après laquelle la silice donnerait surtout la rigidité et la solidité au chaume, n'est nullement fondée. La silice ou, pour nous servir d'un langage plus scientifique, l'*acide silicique*, est très répandue dans la nature; elle est, en poids, l'élément dominant dans toutes les terres fertiles et dans la plupart des roches. La dissolution de la silice est due au phénomène constamment actif de la désagrégation ; elle est favorisée par la décomposition de la matière organique des fumiers et des substances humeuses qui existent dans le sol. Comme élément des engrais concentrés du commerce, l'acide silicique n'a, pour ainsi dire, aucune importance.

La *soude* et le *chlore* se rencontrent en proportions plus ou moins grandes dans la cendre de toutes les plantes. Sans contester leur importance pour certaines espèces, on ne peut, pas plus qu'à la silice, leur attribuer le rôle d'éléments nutritifs essentiels indispensables à la végétation en général. On sait que les plantes marines et celles du littoral, riches en sel marin, ne se développent vigoureusement que dans les terrains salés ou avec le concours d'une solution renfermant une grande proportion de sel ; le sarrasin n'atteint sa croissance normale et ne mûrit ses fruits qu'à la condition de trouver dans le sol une dose suffisante de chlore. Le sel de cuisine ordinaire, à l'état pur, contient exclusivement ces deux éléments ; on les rencontre l'un et l'autre dans toutes les eaux, même

dans l'eau de pluie. On emploie fréquemment le sel marin impur dans l'alimentation du bétail; il est donc probable que, si certaines plantes réclament la soude et le chlore à titre d'éléments nutritifs directs, ils existent généralement en proportions suffisantes dans le sol cultivé. D'une manière indirecte, le sel marin peut acquérir une grande importance et servir avantageusement d'engrais : on lui attribue, en effet, la propriété de dissoudre certains éléments nutritifs du sol. Comme élément nutritif direct, il a peu d'importance pour nos principales plantes cultivées.

Les éléments minéraux prémentionnés existent, il est vrai, dans la cendre de presque toutes les plantes, mais toutefois en proportions très variables selon les espèces végétales. La pomme de terre et, en général, les plantes-racines peuvent être qualifiées *plantes à potasse,* parce qu'elles réclament particulièrement de fortes quantités de ce corps pour acquérir leur complet développement; au contraire, les légumineuses en général, c'est-à-dire les trèfles, la luzerne, le sainfoin, sont appelées *plantes à chaux*. Ces dernières prospèrent particulièrement en terres bien pourvues de l'élément calcaire; toutefois, leurs tiges et leurs feuilles renferment, en outre, beaucoup de potasse à côté de la chaux : parfois même, la potasse domine.

La cendre d'une espèce végétale donnée éprouve de notables variations, soit que l'on considère la quantité totale existante, soit qu'on l'examine sous le rapport de sa composition centésimale. Elles sont dues aux circonstances de sol, d'engrais et aux influences atmosphériques. Une consommation luxueuse de matières minérales est d'ailleurs fréquente chez les plantes, et c'est pourquoi les calculs sur l'épuisement ou l'enrichissement des terres, basés sur la composition *moyenne* de leurs cendres, ne fournissent pas toujours des résultats entièrement exacts. Ainsi, par

exemple, une récolte abondante obtenue en sol très riche ou lors de conditions météorologiques très favorables épuise le sol, surtout en potasse, et, s'il y a eu maturité normale du grain, en acide phosphorique, dans des proportions sensiblement supérieures aux résultats donnés par l'emploi des tables présentant la composition moyenne des cendres. Les différences sont beaucoup moins sensibles lorsqu'il s'agit de faibles rendements.

Quoi qu'il en soit cependant, étant données la quantité et la composition de la cendre d'une espèce cultivée ayant végété dans des conditions normales, on peut en déduire si le sol qui l'a produite est proportionnellement riche ou pauvre en nourriture végétale assimilable et si l'on est autorisé à attendre un résultat rémunérateur, dans la culture, de l'application de l'un ou de l'autre agent nutritif essentiel, tels que l'acide phosphorique, la potasse, etc.

Quant à l'acide nitrique qui, ainsi que nous l'avons vu, doit entrer dans la composition des solutions nutritives offertes à l'absorption des racines, il en a déjà été question à l'examen de l'air atmosphérique, qui le renferme constamment. Sans la présence, dans la liqueur nutritive ou dans le sable récemment calciné, d'une combinaison dans laquelle entre l'azote sous une forme assimilable, on ne peut obtenir une plante vigoureuse et complète. Nous pouvons en conclure que la plupart des végétaux absorbent la plus grande partie de leur azote par les racines et que les combinaisons azotées existant dans l'air ne suffisent pas au développement vigoureux de la plupart des plantes cultivées et généralement à la production de riches récoltes. Le cultivateur doit donc s'efforcer de réunir et de concentrer dans le sol, outre les matières minérales essentielles, une nourriture suffisamment azotée ; ce résultat est atteint soit par l'importation directe de fumier, par l'achat et la

consommation de fourrages riches en azote, soit par l'extension de la culture des plantes qui, comme les légumineuses, ont la faculté de puiser l'azote dans les couches profondes ou de l'enlever, directement ou indirectement, en proportion considérable à l'air qui les entoure.

## CHAPITRE III.

### LE SOL.

Nous avons appris à connaître dans ce qui précède la nature des éléments nutritifs végétaux essentiels, tant ceux originaires de l'atmosphère que ceux provenant du sol, et que la racine doit absorber; on ne peut compter sur une végétation luxuriante que s'ils existent, sous une forme assimilable et en proportions suffisantes, dans la couche arable ou dans les engrais dont on fait usage. Il nous reste encore à considérer le sol sous quatre points de vue principaux, notamment sous le rapport des phénomènes de désagrégation dont il est le siège, de ses propriétés absorbantes, eu égard à sa richesse en substances humeuses, et enfin relativement à ses propriétés physiques en tant qu'elles dépendent de proportions variables d'argile, de sable et de calcaire.

La désagrégation. — Le sol fertile est essentiellement formé de sable et d'argile. A ces deux corps viennent ordinairement s'ajouter, en proportions variables, et modifiant conséquemment plus ou moins le caractère du sol, de

la chaux, de l'humus et de l'oxyde de fer. Le sable et l'argile ne sont généralement pas purs et sans mélange dans le sol. Ainsi, il est rare que le mélange sablonneux soit formé exclusivement de *sable quartzeux*, c'est-à-dire d'acide silicique; presque toujours, il s'y présente des particules de minéraux divers dont les principaux sont le feldspath et le mica. Ces deux derniers sont des combinaisons chimiques fixes d'acide silicique avec l'argile et les alcalis (potasse et soude); ils renferment souvent des proportions variables de chaux et de magnésie. L'argile du sol retient aussi, soit mécaniquement, soit plus particulièrement en combinaison chimique, une certaine quantité d'alcalis. L'acide sulfurique (généralement à l'état de plâtre ou sulfate de chaux) ne manque dans aucune terre naturelle. Des traces de chlore (sous forme de chlorure de sodium) et d'acide phosphorique se rencontrent dans la plupart des terres; ce dernier, comme, d'ailleurs, tous les éléments végétaux nutritifs, n'y existe parfois qu'en proportion à peine appréciable par l'analyse et, d'autres fois, il forme jusqu'à 0,2 et 0,3 p. c. du poids total du sol séché à l'air.

La quantité de substances nutritives végétales existant dans le sol, particulièrement leur solubilité et la proportion relative dans laquelle elles peuvent être assimilées par les plantes dans un temps donné, déterminent la *fécondité naturelle* du sol; elle s'exprime par la somme des éléments que l'on peut enlever par les récoltes obtenues et exporter, d'une façon soutenue, sans restitution du dehors. Leur dissolution dans le sol naturel et leur passage dans la plante sont d'abord le résultat de la *désagrégation*, c'est-à-dire qu'ils sont dus à l'influence permanente que l'humidité et les éléments de l'air, surtout l'oxygène et l'acide carbonique, exercent sur la masse entière du sol.

La *chaux,* qui existe surtout dans la nature sous forme de carbonate, est facilement dissoute; si elle n'est pas immédiatement utilisée au profit de la végétation, les eaux l'entraînent au loin ou dans les couches profondes. Il en est de même, quoique à un moindre degré, pour le *carbonate de magnésie* du sol. Presque toutes les eaux de source et même les eaux de drainage n'ayant traversé qu'une tranche de terrain de 1 mètre d'épaisseur renferment, comme élément minéral prépondérant, la chaux, bien que le sol à travers lequel elles ont filtré soit relativement pauvre en chaux et n'en contienne peut-être que 1/4 ou 1/2 p. c. de sa masse totale.

Si l'on examine, à ses divers degrés de désagrégation, un *calcaire magnésien* provenant, par exemple, de la formation supérieure des calcaires coquilliers, on observe d'abord que le carbonate de chaux est dissous et enlevé par l'eau atmosphérique, tandis que la roche, massive et très dure à l'origine, a acquis une texture poreuse, est devenue friable et tombe partiellement en poussière. A une période plus avancée de la décomposition, la richesse en carbonate de magnésie diminue aussi avec la proportion de chaux, et l'épuisement graduel par le lavage dû aux eaux naturelles peut être si complet, que le sol, résultant finalement de la désagrégation de la roche calcaire, ne contienne plus de chaux, et très peu de magnésie dans les couches supérieures. Le sol ainsi formé est alors composé exclusivement d'argile et de sable qui, cependant, n'entraient peut-être dans la constitution de la roche dont il dérive que pour quelques centièmes. Avec la réduction de la proportion de chaux et de magnésie et l'augmentation simultanée des quantités d'argile et de sable, on constate, du moins jusqu'à un certain degré de la désagrégation, une progression constante et souvent élevée de la teneur

centésimale en d'autres corps nutritifs essentiels, notamment la potasse et l'acide phosphorique. Ces derniers, et particulièrement la potasse, sont, en effet, engagés dans des combinaisons fixes avec les éléments de l'argile et de la silice, lesquels s'altèrent plus lentement, mais ne résistent cependant point à l'influence modificatrice et dissolvante de la désagrégation.

Une différence aussi profonde dans la nature du sol comparé à la roche originaire, résultant de la désagrégation lente des calcaires, n'a pas lieu pour les *grès*. Ceux-ci donnent naissance à une terre meuble; le ciment à base de fer ou de silice qui agglomère les grains de sable est seulement désagrégé, ameubli et dissout en partie, sans que la composition centésimale et la teneur absolue de la roche en éléments végétaux nutritifs éprouvent un changement essentiel.

Les *roches cristallines,* que l'on observe en masses montagneuses à la surface du globe, ne résistent pas davantage à l'action destructive combinée de l'humidité et de l'air atmosphérique; le bloc de granit le plus dur se divise, au bout d'un temps plus ou moins long, selon sa composition, en fragments grossiers et, finalement, donne lieu à un agglomérat à grains fins d'argile et de sable, tandis qu'il se forme, en même temps, des produits de décomposition, solubles dans l'eau, dont les plantes peuvent tirer parti. Parmi ces roches, la plus importante à considérer est sans contredit le *feldspath,* minéral cristallisé dont la décomposition est assez prompte et qui donne naissance à une masse argileuse et à de l'acide silicique, lequel reste mélangé à l'argile ou qui, en s'associant à la potasse du feldspath, fournit des combinaisons d'un degré variable de solubilité. Les désagrégats argileux et siliceux gisent à la surface de la roche mère et forment d'abord

une couche peu profonde, augmentant successivement de puissance et d'une richesse plus ou moins grande (*terrains formés sur place*). D'autres fois, les eaux entraînent la légère couche meuble à mesure qu'elle apparaît et la déposent en des endroits parfois très éloignés, mélangée avec les produits désagrégés des roches les plus diverses *(terrains de transports, alluvions)*.

On ne doit pas se représenter le feldspath comme se désagrégeant spontanément et complètement en argile, silice et silicate de potasse soluble. Sa désagrégation est successive. La potasse, qui entre dans la composition du feldspath ordinaire dans la proportion moyenne de 14 p. c., est enlevée peu à peu et entraînée, et il reste un dépôt argilo-sablonneux se divisant de plus en plus et de plus en plus pauvre en potasse. La portion sablonneuse d'un terrain formé sur place, comme aussi celle d'un terrain de transport, peut donc être plus ou moins riche en feldspath, et les éléments argileux existant posséder une composition chimique et une constitution physique très variables. Plus les éléments constituants du sol, soit argileux, soit siliceux, sont riches en potasse, à la condition qu'ils soient, en même temps, finement divisés et suffisamment ameublis, plus aussi la désagrégation mettra en liberté d'éléments utiles dont la végétation tirera parti; et nous ajouterons : plus aussi la fertilité naturelle du sol sera élevée, notamment s'il existe, en même temps, une forte proportion de combinaisons renfermant de l'acide phosphorique.

Outre les feldspaths ordinaires à base de potasse, il en est qui renferment de la soude ou de la chaux et qui ne contiennent que de faibles quantités de potasse. Par la désagrégation, ils donnent naissance à des terres argileuses et sablonneuses d'une fertilité naturelle très inférieure à celles provenant du feldspath potassique. Toutes

les roches primitives pauvres en potasse, comme l'augite par exemple, renfermant souvent de grandes proportions de fer, de chaux et de magnésie et seulement des traces d'alcalis, se désagrègent en terres d'une faible fécondité naturelle. Heureusement, les feldspaths potassiques sont les plus fréquents dans la nature. La proportion totale de potasse renfermée dans l'argile et le sable et soumise continuellement à l'action de la désagrégation s'élève rarement à moins de 1 à 2 p. c. et, très souvent, elle atteint 3 et même 4 p. c. du poids de la terre desséchée à l'air.

Les efforts du cultivateur tendent à tirer le meilleur parti possible de la fécondité naturelle; il y parvient en favorisant la désagrégation des matières minérales et en mettant en circulation, dans un temps donné, la plus forte proportion des éléments nutritifs contenus dans le sol. On atteint ce résultat dans la culture ordinaire, d'une manière directe, par un travail soigné et profond du sol, par des labours et des façons qui agissent directement en ameublissant et pulvérisant la couche cultivée et, indirectement, en exposant celle-ci aux influences atmosphériques et surtout aux gelées. La jachère, le drainage, la culture de certaines plantes coopèrent aussi à la division du sol même dans les couches profondes, facilitent la pénétration de l'air atmosphérique et, par là, accélèrent la désagrégation. Le chaulage et le marnage augmentent la puissance productive du sol; l'absorption des matières nutritives étant favorisée, les plantes acquièrent plus de vigueur. Au surplus, le traitement mécanique varie suivant la nature du sol; il importe surtout d'activer la pénétration de l'air dans les terres argileuses, tenaces, tandis que les sols sablonneux et siliceux, naturellement meubles et ouverts à l'air, réclament moins impérieusement ces façons.

La végétation contribue aussi à la décomposition des

éléments argileux et sablonneux du sol. Si l'on sème des graines dans du feldspath pulvérisé, mais n'ayant éprouvé aucun commencement de désagrégation, la plante en développement lui enlève une grande proportion d'éléments nutritifs; ceux-ci deviennent donc libres comme sous l'influence du phénomène de la désagrégation, mais beaucoup plus rapidement que par celle-ci. On observe aussi que le développement du végétal est plus actif dans la poussière de feldspath, susceptible de décomposition, que dans du sable pur ne renfermant, outre la silice, aucun élément nutritif. Des recherches de ce genre montrent, en fait, que la provision alimentaire du sol peut livrer aux plantes, dans le cours d'une année de végétation, une certaine somme d'éléments nutritifs quand il renferme, ce qui est constant, des matériaux désagrégeables. Toutefois, le pouvoir désagrégeant exercé sur les éléments minéraux du sol par les diverses plantes cultivées est très inégal; c'est ainsi que plusieurs d'entre elles, comme l'orge et le lin, réclament dans le sol, pour croître vigoureusement, une quantité importante de nourriture toute préparée, tandis que d'autres, telles que l'avoine et le chanvre, possèdent un pouvoir d'appropriation plus étendu, attaquent, pour ainsi dire, la roche et lui enlèvent directement de fortes proportions de corps nutritifs.

Propriétés absorbantes des terres pour les substances nutritives. — Le phénomène de désagrégation, constamment actif dans le sol, exerce son action sur toutes les matières minérales; il y a constamment passage d'une proportion plus ou moins grande d'éléments nutritifs de l'état inerte à l'état soluble, c'est-à-dire les rendant assimilables par les végétaux. Malgré cette circonstance, l'existence du règne végétal sur notre globe serait compromise, ou bien il faudrait le concours de conditions

particulièrement favorables pour pouvoir compter sur une abondante production, si le sol n'était pas *approvisionné* d'éléments nutritifs appropriés ou, plus exactement, si la portion d'éléments non immédiatement absorbée et assimilée était exposée à disparaître dans les couches profondes avec les eaux qui pénètrent le sol ou à être entraînée par celles qui circulent à la surface. C'est contre ces dangers que nous prémunissent les propriétés absorbantes des terres ou l'absorption.

Lorsqu'on laisse filtrer du jus de fumier à travers une couche suffisamment épaisse d'une terre quelconque bien pulvérisée, le liquide, auparavant jaunâtre et d'une odeur particulière, s'écoule parfaitement clair, incolore et inodore. En examinant plus attentivement le résultat de l'expérience, on observe que certains corps, qui existaient en dissolution dans le liquide, ont été absorbés et retenus par la terre, tandis que d'autres substances ont passé du sol dans l'eau recueillie. Il est de la plus grande importance pour les phénomènes de la végétation que, précisément, les éléments qui doivent être considérés comme des aliments nutritifs précieux soient soustraits avec énergie à la solution et retenus par la terre. Telles sont, en effet, les conséquences de l'absorption. Ce sont la plupart des éléments nutritifs les moins répandus sous une forme assimilable dans la nature, et que la plante exige en grande proportion pour se développer vigoureusement, qui sont retenus avec le plus d'énergie. En premier lieu viennent la potasse, l'ammoniaque, l'acide phosphorique et, à un degré moindre, la magnésie et l'acide silicique; la chaux et la soude, dans la plupart des circonstances, sont faiblement absorbées; par contre, l'acide sulfurique, l'acide nitrique, le chlore ne sont, pour ainsi dire, nullement enlevés par le sol aux dissolutions qui les contiennent,

Il en résulte que le chlore, ainsi que les acides sulfurique et nitrique, dans leurs combinaisons salines et particulièrement lorsqu'ils sont unis à la chaux et à la soude, sont exposés à être entraînés par l'eau; ils ne peuvent s'accumuler pendant longtemps et en forte proportion dans la couche arable.

Cette remarquable propriété du sol fertile explique la ténacité avec laquelle les éléments nutritifs provenant de la désagrégation ou renfermés dans les fumiers persistent dans la couche arable et manifestent souvent leurs effets sur les récoltes durant une série d'années; c'est à elle aussi qu'il faut rapporter la faible perte en matières utiles qui a lieu par les eaux abondantes ayant traversé le sol et s'écoulant de drains placés à une plus ou moins grande profondeur. Il en est particulièrement ainsi dans les sols de composition moyenne et soumis au traitement cultural ordinaire. L'eau servant à l'irrigation superficielle des prairies peut même être dépouillée directement, par le sol qu'elle arrose, d'une partie de la potasse et de l'ammoniaque qu'elle contient, si ces corps s'y trouvent en proportion notable et pourvu qu'un certain équilibre existe entre le pouvoir absorbant du sol, la masse liquide avec laquelle celui-ci est mis en rapport et la teneur de l'eau en éléments nutritifs dissous. On sait, en effet, à cet égard, que l'étendue que l'on peut utilement irriguer avec une certaine quantité d'eau est plus ou moins importante, c'est-à-dire qu'il faut observer un certain rapport entre ces deux données pour réaliser une production abondante et uniforme; c'est pourquoi aussi les plantes acquièrent généralement, dans le voisinage des canaux d'alimentation, un développement plus luxuriant qu'aux endroits plus éloignés.

Nulle action durable et efficace des engrais et, d'une

manière générale, aucune culture rémunératrice ne serait possible en l'absence de cette propriété du sol cultivé. Non seulement alors les éléments nutritifs végétaux solubles seraient entraînés par les eaux filtrantes et par celles qui coulent à la surface des terres, mais il se produirait rapidement dans le sol, à la suite de sa dessiccation, une solution saline concentrée qui tuerait les racines et détruirait toute végétation. Les propriétés absorbantes des terres font ce qu'on a appelé la « police du sol » en empêchant, même lorsqu'on applique de grandes quantités d'engrais solubles, la formation d'une solution nutritive trop concentrée. Par l'absorption, il se produit aussi des décompositions des sels ou des échanges avec les éléments du sol fréquemment nécessaires pour préparer les matières nutritives à l'assimilation par les plantes.

Le sol désagrégé, abandonné pendant longtemps à lui-même, ainsi que les terres profondément labourées et, en même temps, abondamment fumées, acquièrent, suivant l'expression des praticiens, de la *vieille force*. En pareil cas, on peut souvent, si l'on veut exploiter cette vieille force, tirer du sol une succession de belles récoltes sans le secours d'engrais, ou bien il peut suffire, dans ce but, d'appliquer pendant de longues années une fumure relativement faible d'engrais d'étable pour maintenir la puissance productive du sol et rendre utilisables les matériaux nutritifs qui y sont réunis. Cette accumulation d'éléments nutritifs n'est possible que grâce aux propriétés absorbantes des terres. Généralement, la vieille force est liée à la présence d'une notable proportion d'humus dont le défrichement et de bons labours hâteront la décomposition, mettant ainsi à la disposition des plantes une abondante nourriture azotée, à effets remarquables lorsque les autres conditions d'une active végétation sont associées.

Le chaulage et le marnage sont aussi des moyens de hâter la décomposition de l'humus et de tirer rapidement parti de la vieille force. Aucun cultivateur intelligent n'est prodigue de cette vieille force ; il ne doit l'exploiter qu'avec économie et employer avec circonspection les moyens susceptibles de la mobiliser. En procédant différemment, il y a des déperditions sans utilité pour la végétation ; au surplus, il faut beaucoup de temps et de capital pour obtenir à nouveau de riches récoltes d'un sol dépouillé de sa vieille force.

Tous les sols possèdent pour chacun des éléments nutritifs un certain pouvoir absorbant. Toutefois, il est limité ; il arrive un moment où cette aptitude cesse, c'est-à-dire où la terre saturée n'enlève plus ces corps aux solutions les renfermant. Cependant, les éléments retenus ne sont pas absolument insolubles dans l'eau, mais ils s'y dissolvent très difficilement. Sous l'influence des eaux pluviales traversant et lavant la couche arable, la nourriture végétale est lentement entraînée dans les profondeurs et cela d'autant plus vite et en quantité d'autant plus grande que les couches superficielles sont plus saturées de corps absorbés. Conséquemment, une certaine proportion de matériaux nutritifs descendra plus vite dans les terres fréquemment et abondamment fumées que dans les sols pauvres et recevant rarement des engrais. Dans les conditions ordinaires, il faut cependant plusieurs années avant que le sous-sol soit enrichi, dans une certaine mesure, par des éléments nutritifs enlevés à la couche supérieure. C'est pourquoi les plantes à racines profondes, épuisant particulièrement le sous-sol, comme le trèfle, ne peuvent généralement réussir à la même place qu'au bout d'un certain temps ; il faut que les couches qu'elles exploitent se soient enrichies à nouveau des éléments assimilables qui assurent leur réussite.

Les racines des plantes possèdent la faculté d'enlever à chaque particule terreuse avec laquelle elles entrent en contact les corps qu'elle a absorbés; cet enlèvement s'effectue surtout grâce à l'acide carbonique qu'elles émettent. Mais on possède aussi certains moyens de favoriser la répartition et même la descente des matières nutritives. Déjà l'*acide carbonique* de l'air, mais surtout celui qui résulte de la décomposition des matières organiques, contribue à l'assimilation et à la diffusion du phosphate et du carbonate de chaux en provoquant la dissolution des corps absorbés. Mais la mise en liberté de ceux-ci a surtout lieu à un degré élevé si le sol renferme, ou si on y applique en petite quantité, des matières salines sur lesquelles l'absorption s'exerce peu ou pas et qui, circulant librement avec l'humidité du sol, pénètrent celui-ci facilement et exercent partout leur action dissolvante sur les corps absorbés. Au nombre de ces corps, nous citerons le *sel marin* (chlorure de sodium), les combinaisons de l'*acide nitrique* avec la *soude* (salpêtre du Chili) et avec la *chaux;* le *plâtre* (sulfate de chaux) jouit partiellement de propriétés analogues.

En sols de composition convenable, le sel marin peut déjà exercer une action très favorable sur la végétation parce qu'il aide à la dissolution du phosphate de chaux et de la potasse absorbée; par là, il contribue à la distribution de ces corps dans le sol et il facilite beaucoup leur absorption par la plante. Il ne faut cependant appliquer le sel marin aux terres qu'avec prudence, attendu qu'il nuit à la végétation lorsqu'il est trop abondant dans le sol. On ne peut d'ailleurs en attendre des effets favorables que dans les terres perméables, humeuses et abondamment fumées. Le plâtre exerce aussi une action dissolvante, notamment sur les combinaisons dans lesquelles entre la

potasse; il modère conséquemment les propriétés absorbantes du sol pour cet alcali.

Les nitrates indiqués plus haut sont aussi des agents de dissolution des matières nutritives absorbées par les particules terreuses. Ces sels ne sont presque pas retenus par le sol; dissous dans l'eau, ils se répandent facilement dans toute la couche arable. Constituant déjà par eux-mêmes des éléments de nutrition précieux pour la plante, spécialement à cause de l'acide nitrique qu'ils renferment, leur accès rapide dans le sous-sol ou leur disparition par les eaux de drainage serait à craindre si on les employait en trop grande quantité ou s'ils se formaient abondamment dans le sol. Mais cette circonstance fâcheuse se présente rarement dans les conditions ordinaires de la culture. Ces pertes ne sont à redouter que lorsque l'on fume très copieusement et notamment avec des matières azotées et qui, en même temps, ameublissent le sol; alors les pertes en nitrates par les eaux de drainage peuvent devenir importantes et il convient de tirer parti de ces eaux pour l'irrigation de prairies. Dans tous les cas, quelle que soit la proportion de nitrates préexistant dans le sol ou qui lui sont incorporés par les fumures, ils accomplissent une double mission : d'abord, ils servent directement d'éléments nutritifs et, en second lieu, ils provoquent la dissolution d'autres substances nutritives essentielles absorbées.

La faculté absorbante du sol est essentiellement en rapport avec sa richesse en argile et en substances humeuses et avec la composition momentanée de ces matières. Cette propriété disparaît, au moins partiellement, chez toutes les terres, par la calcination; par elle, les éléments nutritifs retenus jusque-là deviennent, du moins en partie, plus facilement solubles et accessibles à

la végétation. On enlève généralement au moyen de l'eau, et sans le secours de l'acide carbonique libre ou des sels, aux terres légèrement calcinées, une proportion plus élevée d'éléments nutritifs fixes que si la même terre n'a pas été dépouillée de l'humus. La différence existant entre le degré de solubilité des matières nutritives du sol, avant et après la calcination, est d'autant plus élevée que la terre est plus argileuse. C'est ce qui explique le luxe ordinaire de végétation que l'on obtient dans les essais opérés au moyen de terres calcinées auxquelles on ajoute une quantité convenable de nourriture azotée. L'efficacité temporaire de l'écobuage des argiles tenaces et des tourbes, de l'emploi de l'argile calcinée, des gazons brûlés, etc., est due, en majeure partie, à la mise en dissolution d'une certaine quantité de matières nutritives. Si l'opération est trop souvent renouvelée ou s'étend à une grande profondeur de sol, on réduit les propriétés absorbantes de celui-ci tout en l'exposant à un lessivage rapide et conséquemment à un épuisement plus prompt et presque complet.

Les terres sablonneuses et en même temps pauvres en humus se comportent comme les terres calcinées : leur pouvoir absorbant pour les éléments essentiels est faible. C'est pourquoi les fumures doivent être modérées et fréquentes, l'épuisement par les eaux et la dispersion des matières alimentaires dans le sous-sol étant à craindre. Ce danger est d'autant plus imminent que la facile pénétration et le renouvellement rapide de l'air atmosphérique hâtent la décomposition organique et la dissolution des matières nutritives. Par contre, si, dans ces conditions, l'humidité nécessaire ne fait pas défaut, l'application au printemps, c'est-à-dire à l'époque du réveil de la végétation, de faibles quantités d'engrais facilement solubles, uniformément

répartis et mélangés au sol, est généralement d'une efficacité immédiate.

On doit donc chercher à modérer la faculté absorbante des terres fortes ou user des moyens propres à dégager au profit de la végétation les substances nutritives absorbées. On atteint ce résultat en élevant l'activité du sol; parmi les moyens à mettre en œuvre, nous citerons les façons d'ameublissement appliquées à des époques bien choisies, l'action des gelées, l'usage des fumures copieuses, mais espacées, aux engrais frais d'étable, le marnage, le chaulage, etc. Mais, dans tous les cas, un sol de composition physique moyenne, tel qu'un terrain argilo-sablonneux ou sablo-argileux suffisamment pourvu d'humus, est celui qui se prête le mieux à une culture intensive; il rembourse largement les avances en engrais naturels et artificiels qui lui sont faites, parce qu'il les rend complètement sous forme de récolte dans un délai relativement court et que les déperditions en matières nutritives essentielles ne sont pas à redouter.

Richesse des terres en humus. — On peut conclure avec toute sécurité des essais nombreux entrepris dans des terres calcinées dépouillées d'humus, et notamment dans les solutions nutritives, que, toutes les autres circonstances nécessaires à la végétation étant réunies, la plante possède la faculté d'absorber dans l'air atmosphérique environnant, par les feuilles, sous forme d'*acide carbonique,* la quantité de *carbone* exigée pour son complet développement. Nous ne voulons pas toutefois, par cette conclusion, nier l'utilité ou même la nécessité d'une certaine proportion d'*humus* en décomposition dans le sol, source permanente d'acide carbonique. On doit bien plutôt admettre, comme fait acquis, que l'exploitation en grand du sol arable ne fournit des produits rémunérateurs qu'à la condition d'assurer et

d'activer la végétation des plantes cultivées par la présence d'une quantité convenable d'humus fertile. Si ce dernier manque ou est insuffisant, tout doit tendre à y suppléer par des fumures appropriées ou par l'introduction des plantes fourragères, de manière à l'augmenter et à le renouveler sans interruption.

On comprend sous la dénomination d'*humus* la somme totale des substances organiques combustibles du sol; il est composé de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote. Produit de la décomposition d'organismes morts, notamment de végétaux, il forme un amas qui éprouve, dans tout sol fertile, sous l'influence non interrompue de l'air atmosphérique, une dissociation plus ou moins rapide et en fait une source permanente d'acide carbonique et d'ammoniaque (acide nitrique). A certaines périodes de décomposition, l'humus possède aussi la propriété d'entrer en combinaison avec divers éléments minéraux, comme la chaux, l'ammoniaque, etc., et de donner lieu à la formation de corps qui ne sont pas, il est vrai, des éléments nutritifs directs pour la plante, mais qui, dans leurs transformations ultérieures, acquièrent une importance directe pour la végétation.

Autrefois, et encore à l'époque de Thaër, on considérait l'humus comme étant l'agent auquel il fallait rapporter le principe de la fertilité du sol; on admettait qu'il était absorbé et assimilé par la plante et qu'il indiquait le degré de fécondité des terres. Mais, depuis que la science a analysé les éléments nutritifs et qu'elle a étudié les sources qui les renouvellent sans cesse, il n'est plus permis de considérer la matière alimentaire des plantes comme un tout indivisible; il y a une différence bien tranchée à établir entre les substances organiques combustibles du sol et les éléments minéraux qui leur sont unis d'une manière plus

ou moins fixe; l'ancienne théorie de l'humus doit être abandonnée.

On admet aujourd'hui que l'humus pur ne peut être considéré pour la plupart des végétaux, notamment pour nos plantes cultivées ordinaires, comme un aliment nutritif essentiel et indispensable. Ce fait est clairement prouvé par la possibilité d'obtenir un développement normal et complet des plantes dans un milieu privé d'humus. La même observation peut d'ailleurs être faite dans la nature. Il n'est pas rare, en effet, de rencontrer des arbustes et même des arbres croissant sur des rochers, sur de vieux murs ou des monceaux de pierres : les racines s'enfoncent dans les crevasses et les fissures de ces masses pierreuses. Des surfaces étendues recouvertes de cailloux et complètement privées d'humus, d'immenses steppes sablonneuses ont été plantées d'arbres et se sont insensiblement couvertes de forêts, lorsque le climat et la nature du sous-sol permettent l'accumulation de l'humidité. La végétation apparaît dans le désert africain, une culture lucrative peut y être tentée avec succès lorsqu'une source d'eau claire vient humecter le sol; l'irrigation a parfois suffi dans nos contrées pour convertir les terrains les plus arides en prairies verdoyantes. Mais partout, dans la forêt et dans la prairie et même en beaucoup d'endroits sous l'influence de la culture, on constate, malgré les récoltes que l'on enlève, qu'il y a *progression* constante dans la richesse du sol en humus.

L'humus est donc un produit; il n'est pas une condition indispensable, impérieusement nécessaire à l'existence et à la croissance des plantes en général. Toutefois, dans la moyenne des conditions qui dominent sous nos climats, il est une nécessité d'une *culture rémunératrice,* c'est-à-dire qu'il est réclamé pour réaliser un sol apte à produire. Il

suffira à cet égard d'attirer l'attention sur les points suivants :

L'humus fertile renferme, outre le carbone, une proportion plus ou moins grande d'*azote* engagé dans des combinaisons organiques. En se décomposant, il produit de l'acide carbonique et, en outre, de l'ammoniaque et de l'acide nitrique, c'est-à-dire des aliments azotés qui, pour obtenir une riche végétation, doivent être présentés à l'absorption radiculaire. La présence dans le sol d'humus fertile, facilement altérable et en cours de décomposition, constitue donc une abondante source de ces éléments nutritifs qui, avec l'eau, livrent la matière première nécessaire à la formation de nouvelle substance organique végétale; on les appelle éléments *atmosphériques,* tandis que ceux formant les cendres proviennent *exclusivement du sol.* La décomposition progressive de l'humus met aussi en liberté les corps minéraux qui lui sont chimiquement associés ou même mécaniquement attachés; ces matières minérales deviennent, pour ainsi dire, libres, plus facilement solubles et elles peuvent être absorbées en plus grande proportion par les plantes. Ces observations s'appliquent non seulement à la chaux et aux alcalis, mais aussi à l'acide phosphorique qui, dans les terres fertiles, paraît souvent exister associé à l'humus dans des combinaisons particulières facilement décomposables.

Pendant la *jachère pure* et, généralement, lorsque le sol est soumis à un traitement facilitant l'accès de l'air, les matières humeuses se décomposent avec plus de promptitude; l'acide carbonique formé se dégage dans l'air, si le sol est nu, tandis que l'ammoniaque qui naît simultanément est absorbée par le sol et se transforme bientôt en acide nitrique. La formation d'acide nitrique ou *nitrification* est due à un ferment très répandu dans la

terre arable lorsque la teneur en humus est quelque peu élevée. L'activité de ce ferment est subordonnée, indépendamment de la présence de substance organique lui servant d'aliment, à l'action libre de l'oxygène et à une température d'au moins 12° C. Une température plus élevée accélère la production d'acide nitrique; elle atteint son maximum à 37° C. et cesse complètement à 55° C. Outre cette action, la décomposition de l'humus met en disponibilité, comme on l'a vu plus haut, les éléments minéraux qu'il renferme; de plus, la désagrégation du mélange minéralogique du sol est augmentée sous l'influence de l'acide carbonique plus abondamment produit. On comprend, dès lors, facilement que, pendant la jachère et bien qu'une partie de la substance humeuse disparaisse, il y ait augmentation de nourriture azotée et mise en liberté de matières minérales; en un mot, une plus forte somme de matériaux nutritifs est offerte à l'absorption des racines, le sol éprouve un enrichissement relatif. Sans doute, les nitrates formés peuvent être entraînés hors du sol par les eaux. Mais il faut remarquer qu'en été, dans nos climats, lors du travail des jachères, les pluies sont rarement assez abondantes pour gorger les terres d'eau sur une grande profondeur. De plus, le terrain jachéré reçoit ordinairement un ensemencement à la fin de l'été ou à l'automne, et la jeune végétation enlève promptement au sol les éléments nutritifs rendus solubles. Par contre, lorsqu'il n'y a pas occupation du sol, les eaux de drainage peuvent soustraire une certaine quantité de nitrates; les observations recueillies en Angleterre établissent que les pertes en azote peuvent, de ce chef, atteindre 60 kil. et plus par hectare.

Une partie de l'*acide carbonique* formé par la décomposition des substances organiques du sol passe par les

racines avec l'eau dans la plante et sert directement d'aliment nutritif. Cette quantité est faible sans doute ; la plus grande proportion est versée dans l'air et, en arrivant au contact des feuilles, elle concourt à l'alimentation carbonée des végétaux occupant le sol. Mais le rôle principal de cet acide est de servir d'agent de dissolution pour d'autres éléments. Ainsi ce n'est qu'avec le secours de ce dissolvant que la plante est en état d'absorber assez promptement, dans les conditions naturelles, la proportion de phosphates et de carbonates terreux nécessaires à son entier développement; sous son influence, les alcalis combinés ou retenus mécaniquement se dissolvent plus facilement et la desagrégation du sol est accélérée. L'acide carbonique met le sol dans un état d'activité analogue à celui que nous avons attribué à la calcination et se manifestant avec beaucoup d'énergie dans les essais de végétation; mais, circonstance très importante, les inconvénients des lavages ou d'une pénétration trop rapide de ces éléments dans les profondeurs ne sont plus à craindre.

Le pouvoir absorbant des terres fertiles pour les éléments nutritifs essentiels est en rapport avec l'humus existant dans le sol, bien qu'il soit surtout déterminé par la proportion des éléments argileux et par la composition momentanée de ceux-ci.

L'humus contribue particulièrement à soutenir la fertilité en livrant lentement et uniformément à la végétation, à toutes les périodes de son existence, les matériaux nutritifs qu'elle exige. Suivant la composition du terrain, la nature des engrais et les conditions climatériques, le praticien rationnel a en vue d'accélérer ou de ralentir la décomposition de ces débris organiques du sol, afin d'obtenir une végétation riche, rémunératrice, et, en même temps, de tirer le meilleur parti possible des engrais

ou de la fertilité naturelle tout en prévenant les pertes d'éléments nutritifs.

Mais l'avantage le plus marqué résultant de la présence de l'humus réside dans l'influence extrêmement favorable qu'il exerce sur les propriétés physiques des terres. En proportion convenable, l'humus ameublit le sol, l'*adoucit* en quelque sorte, et lui communique cette constitution physique moyenne qui assure au plus haut degré la réussite des récoltes, la meilleure utilisation des engrais, et rend généralement possible une culture rémunératrice et active. En empêchant leurs particules de se souder, il diminue la ténacité des terres argileuses, les rend plus perméables à l'humidité, à l'air, à la chaleur et aux radicelles des plantes. Il diminue les dangers du durcissement superficiel des terres; il favorise la pénétration dans le sous-sol des eaux surabondantes et l'ascension de l'humidité dans les périodes de sécheresse, accélère la désagrégation et la dissociation des éléments du sol, c'est-à-dire la dissolution des matériaux alimentaires. Par sa décomposition, il concourt à réchauffer les terres; déjà, du reste, il augmente leur pouvoir absorbant pour la chaleur solaire en leur communiquant une coloration plus foncée. Il y a plus : par l'augmentation de la proportion d'humus, les terres sablonneuses et calcaires acquièrent quelque consistance; elles se dessèchent moins facilement et le sol conserve plus longtemps cet état de moyenne fraîcheur si favorable à l'accomplissement des fonctions dont il est le siège, à l'absorption des éléments nutritifs de l'air par le sol et de toutes les matières alimentaires en général par la plante en végétation.

L'excès d'humus nuit à la constitution physique du sol, qu'il rend spongieux, humide et froid. Si l'humidité est stagnante, il se forme facilement de l'humus acide, nuisible

à toutes les plantes cultivées et ne favorisant que le développement des plantes aigres, des végétaux aquatiques propres aux marais et aux tourbières. Un sol semblable réclame le dessèchement, opération qui facilite l'arrivée et le renouvellement de l'air atmosphérique; le marnage, le chaulage, l'application de cendres, suivant les circonstances un écobuage partiel modéré, l'application de débris de démolition, de boues de rue, de matières sablonneuses transforment peu à peu l'humus acide en humus doux et fertilisant et rendent ainsi le sol humeux de plus en plus propre à une culture productive.

Caractères physiques du sol. — L'*état physique* des terres cultivées dépend moins de l'humus que des proportions très variables d'*argile*, de *sable* et, dans une certaine limite, des proportions de chaux qu'elles contiennent, ainsi que de l'état de ces corps constituants.

A l'état humide, l'*argile* pure est plastique, mais elle se durcit fortement par la dessiccation; elle doit ces propriétés à la ténuité de ses particules, leur permettant de se rapprocher et de se souder intimement. L'argile donne du liant aux terres et, lorsque la proportion de ce corps est élevée, le sol est compact : on dit alors que la terre est *forte*, c'est-à-dire que les labours exigent une grande dépense de traction et des instruments plus solides. On ne travaille convenablement les terres de cette nature que lorsqu'elles sont dans un état moyen d'humidité. Quand elles sont labourées étant trop humides, les bandes de terre sont corroyées, le travail est défectueux et, s'il survient des chaleurs, elles forment des blocs durcis que la herse ne pulvérise pas. Par contre, le sol argileux trop sec est inabordable aux instruments de labour. Le terrain argileux est fermé à l'action de l'air et peu pénétrable aux racines. Lors des sécheresses, il éprouve une diminution de

volume produisant des crevasses qui ouvrent le terrain et déterminent chez les racines des jeunes plantes des effets mécaniques nuisibles et même leur rupture. L'action des gelées est des plus favorable à l'ameublissement des terres fortes. Celles qui sont destinées à recevoir un ensemencement de printemps sont avantageusement labourées avant l'hiver; plus une terre est argileuse et plus il importe de la labourer à cette époque à toute la profondeur de couche arable.

Le sol argileux est, en outre, *froid* et la décomposition des engrais y est lente. Il absorbe difficilement la chaleur solaire et ne la laisse pas descendre dans les profondeurs. L'air ne le pénètre guère. Il en résulte une action lente des matériaux nutritifs, même lorsqu'ils sont abondants. Les terres de cette nature doivent être fortement fumées pour livrer des récoltes riches et assurées; à cet égard, le fumier d'étable frais, pailleux, est supérieur à l'engrais de ferme court et très décomposé. Les engrais concentrés, d'une action peu assurée en pareils sols, y sont fréquemment d'un emploi peu économique.

Les terres argileuses sont souvent des terres *humides*. Elles sont peu perméables à l'eau, que l'argile retient fortement, et l'évaporation est lente; fréquemment l'action capillaire y est peu sensible, de manière que, lors des sécheresses, l'humidité des profondeurs ne profite guère à la surface. Un sol argileux peut donc présenter une couche superficielle absolument sèche sur une épaisseur de 3 à 4 centimètres et posséder un excès d'humidité à une faible profondeur; la capillarité n'est pas assez puissante pour corriger ces extrêmes, funestes à la croissance des plantes. A un point de vue absolu, l'aptitude à absorber l'eau est plus faible chez la terre argileuse que dans une terre argilo-sablonneuse et surtout que chez une

terre humeuse. Il est vrai que l'argile peut prendre et retenir une quantité d'eau proportionnellement grande lorsqu'on opère par pétrissage, mais ceci ne peut se produire, dans le sol argileux, qu'à la surface du terrain; l'état physique du terrain s'oppose à ce que l'eau s'y répande comme dans les interstices des particules terreuses d'un sol plus meuble. Ces propriétés sont avantageusement modifiées par l'assainissement ou « drainage »; cependant, lorsque la proportion d'argile est très élevée, les effets de cette amélioration sont lents à apparaître et parfois peu satisfaisants.

Ces propriétés rendent très difficile la culture des argiles compactes. Tout autres sont celles des terres que les cultivateurs appellent des *limons*. On entend par là un terrain formé d'un mélange très intime de sable fin, mais non toutefois poussiéreux, et d'éléments argileux, mélange que l'on rencontre beaucoup plus rarement dans les terrains formés sur place que dans les terrains de transport (formations diluviales et alluviales). Ce sol, lorsqu'il est suffisamment profond, convient mieux que tout autre à une culture rémunératrice; outre qu'il possède presque toujours une grande fertilité naturelle, on peut y accumuler une forte quantité de matériaux alimentaires absorbables, à utiliser complètement même si on les donne sous forme d'engrais artificiels. Ce sol offre les propriétés physiques moyennes les plus appropriées à presque toutes les plantes cultivées et il permet facilement des préparations culturales parfaites. Il se réchauffe suffisamment vite, laisse pénétrer la chaleur profondément tout en la retenant assez longtemps. De plus, ce qui n'est pas moins important, les bonnes terres argilo-sablonneuses et sablo-argileuses à caractères de limons possèdent un fort pouvoir capillaire; l'humidité s'y élève suffisamment vite et de très bas comme

humidité absorbée par les particules terreuses, c'est-à-dire sans obstruer les pores du terrain et sans empêcher la circulation de l'air. Il en résulte que les plantes dont les racines peuvent se développer librement et vigoureusement dans toutes les directions disposent d'un grand réservoir d'humidité favorable et qu'elles n'ont guère à souffrir d'une sécheresse prolongée. Ces terres conviennent particulièrement à une agriculture intensive, tandis que, pour la culture maraîchère et le jardinage, des sols plus sablonneux méritent la préférence.

Certains sols dont les éléments prépondérants sont aussi le sable et l'argile possèdent des propriétés bien différentes de celles que nous venons d'analyser. Le sable et l'argile, au lieu d'être intimement mélangés, se séparent facilement; après une forte pluie, l'argile s'isole du sable et il apparaît à la surface une croûte dure, presque impénétrable à l'eau et à l'air. Cette terre est ordinairement aussi très ferrugineuse et il n'est pas rare d'y rencontrer, en petits filons ou en nids, des agglomérats d'une dureté plus ou moins pierreuse et très pauvres en corps nutritifs, dont le cultivateur redoute la présence. Ce n'est que par une culture longue et soignée, ainsi que par l'emploi de grandes quantités de matériaux formateurs d'humus, fréquemment aussi par le concours de la chaux et de la marne, que l'on améliore peu à peu les terres de cette nature et qu'on les transforme avantageusement.

Les propriétés du *sable* sont, en général, opposées à celles de l'argile; le sol sablonneux est donc léger, sec, chaud, très perméable à l'air et à l'eau. La grosseur du grain de sable modifie cependant beaucoup ces caractères. Le sable grossier, le gravier, n'est, pour ainsi dire, susceptible d'aucune culture rémunératrice; on peut tout au plus en attendre de maigres récoltes fourragères lorsqu'il

est irrigué et que l'on y applique avec précaution des engrais convenables. Lorsque, au contraire, le sable est ténu, presque poussiéreux, il retient l'eau et se tasse parfois fortement sous l'action de l'humidité, il s'oppose à la pénétration de l'eau des radicelles; il est, comme on dit, imperméable à l'eau. Mais le sol de cette nature formé d'un sable ni trop ténu ni trop grossier et dans un état de fraîcheur convenable peut être consacré à diverses cultures livrant de très beaux produits. Les engrais concentrés, à action rapide, y sont fréquemment de meilleur effet qu'en terres argileuses; mais on a soin de ne les appliquer qu'en petites quantités à la fois et en temps opportun, afin qu'ils puissent exercer toute leur action sur les plantes en croissance. Dans les situations où les fumiers ne font pas défaut, les terres sablonneuses formées d'un sable de grosseur moyenne sont particulièrement convenables à une culture maraîchère intensive lorsqu'on y a incorporé suffisamment de matières organiques productrices d'humus.

Il faut aussi mentionner la *chaux,* quoiqu'elle soit bien moins répandue que les corps constituants précédents. Beaucoup de terres très fertiles ne contiennent pas au delà de 0,1 jusqu'à 0,3 p. c. de chaux; cet élément ne peut cependant pas faire entièrement défaut, sinon aucune végétation ne serait possible; même les plantes peu exigeantes en chaux, comme les céréales, n'y atteindraient pas leur entier développement. Lorsque ce corps existe dans les terres à l'état de carbonate de calcium mêlé intimement aux autres éléments, il modifie d'une manière très sensible les caractères physiques et chimiques du terrain. L'œil du praticien exercé reconnaît immédiatement cette influence, même lorsque le sol ne contient que 1 à 2 p. c. de carbonate de chaux; comme par l'humus, les terrains sablonneux et

les terrains argileux acquièrent par la chaux une composition physique meilleure. Les terres marneuses (sol argilo-sablonneux ou sablo-argileux renfermant 4 à 8 p. c. de chaux) sont ordinairement très fertiles et propres à la plupart des plantes cultivées. Le calcaire finement divisé favorise la conservation d'un humus doux, fertile et convenable à un état moyen d'activité du sol dont la plupart des plantes se montrent très reconnaissantes. Les bonnes terres marneuses se laissent travailler sans inconvénient par tous les temps et, si elles apparaissent liantes et motteuses lorsqu'elles ont été labourées étant humides, quelques jours de dessiccation suffisent pour qu'elles s'ameublissent ou tombent en grumeaux. Il importe d'observer que le carbonate de chaux est enlevé avec une facilité relative à la couche superficielle; un sol originaire d'une roche calcaire et reposant encore sur un sous-sol de même nature peut être très pauvre en chaux et recevoir utilement un chaulage ou un marnage. Il est certain que, sur beaucoup de points, il y a lieu, de la part du cultivateur, à accorder à la chaux plus d'attention qu'on ne l'a fait jusqu'ici.

C'est avec raison que le cultivateur attache beaucoup d'importance aux propriétés physiques des terres; elles fournissent des indications particulières d'une grande portée pour apprécier leur valeur et pour les classer. Sans doute, la *puissance productive actuelle* d'un terrain, abstraction faite de l'influence due au climat et aux intempéries, est en relation directe avec sa richesse en éléments nutritifs essentiels et assimilables; mais sa *fertilité naturelle* qui, seule, peut servir de base à une classification des terres, dépend surtout des propriétés physiques; c'est d'elles aussi que résulte la possibilité d'utiliser plus ou moins complètement les engrais appliqués. Des exceptions

éventuelles ne peuvent infirmer cette règle et, pour ces exceptions, l'analyse chimique du sol conserve sa haute valeur parce quelle peut éclairer sur les causes auxquelles ces exceptions sont dues.

Les propriétés physiques des terres sont surtout, avons-nous vu, déterminées par le rapport existant entre les éléments dominants et par l'état dans lequel ils se présentent. Dès lors, on classe les terres en terres argileuses, limons, sablonneuses, calcaires, marneuses, humeuses. Toutefois, il n'existe pas dans la nature des différences entièrement tranchées entre ces diverses espèces de sols; partout les transitions sont insensibles dans un sens ou dans l'autre et l'on parle de sols argilo-sablonneux, sablo-argileux, de terres argilo-calcaires, d'argiles humeuses, etc. Une classification des terres doit considérer ces nuances et il est souvent difficile de ranger une terre dans la classe à laquelle elle appartient. Pour apprécier ainsi une terre avec certitude, il faut, outre les connaissances géognostiques et chimiques nécessaires, un coup d'œil pratique qui ne s'acquiert que par une longue expérience et nous dirons même que cette aptitude suppose une certaine vocation.

On peut d'ailleurs, dans cette appréciation, recourir à l'analyse mécanique de la terre, que le cultivateur peut entreprendre à l'aide d'un appareil simple et peu coûteux, tandis qu'il confie l'analyse chimique à un chimiste de profession. Sous le rapport chimique, il se bornera, quant à la richesse en chaux, à constater l'effervescence produite en versant sur une petite quantité de terre quelques gouttes d'acide chlorhydrique ou d'acide nitrique dilué. Il est parfois aussi intéressant de savoir si la terre possède une réaction plus ou moins acide due à de l'humus acide. Dans ce but, il suffit de déposer sur du papier bleu de

tournesol un peu de terre modérément humectée; si le papier, au lieu de conserver la teinte bleue, rougit dans le voisinage de la terre, c'est que celle-ci a une réaction acide.

L'*analyse chimique du sol* est exécutable très exactement pour chacun des corps entrant dans sa composition; mais une analyse complète exige beaucoup de temps et les conclusions que l'on peut en déduire pour la pratique sont limitées. Il est notamment difficile d'arriver par l'analyse à des indications claires sur la fécondité actuelle du terrain ou sur son état de richesse, c'est-à-dire sur l'insuffisance actuelle ou sur l'excès éventuel de certains éléments nutritifs. C'est ce qui ressortira des considérations suivantes.

Déjà la prise d'échantillon réclame beaucoup de soins et souvent, à raison de la composition variable des sols d'une propriété ou de points rapprochés d'une même terre, il est à peine possible d'obtenir que la petite quantité de terre employée à l'analyse représente exactement la composition moyenne vraie du terrain sur la nature duquel on veut s'éclairer. En tout cas, il est nécessaire de procéder ici très méthodiquement. Pour cela, on enlève sur toute l'étendue, en suivant des directions arrêtées et de distance en distance, par une section verticale, une certaine quantité de terre appartenant soit à la couche arable, soit au sous-sol; on réunit ensuite tous ces échantillons provenant de points divers, on les mélange intimement, au besoin à l'aide d'un tamis, et l'on prélève de la masse ainsi obtenue quelques kilogrammes à remettre au chimiste. On accompagne l'envoi d'une notice détaillée sur la puissance des couches du sol, sur leur ordre de superposition, sur le traitement cultural suivi jusque-là, sur les engrais appliqués, etc. Ces indications sont nécessaires, attendu que,

si l'on a réussi à former un échantillon représentatif de la composition moyenne du terrain, bien des points délicats sont à discuter relativement au mode de fumure à déduire de l'examen analytique.

Il y a des éléments nutritifs dont le dosage permet d'apprécier immédiatement s'ils existent en petite quantité ou en abondance dans le sol : ce sont ceux qui ne sont pas ou qui ne sont que peu absorbés (voir p. 65). Parmi ces éléments, se rangent l'acide sulfurique, le chlore, la chaux, la magnésie et la soude ; mais ces corps ne sont pas ceux dont la détermination nous intéresse particulièrement, comme matériaux nutritifs essentiels, *au point de vue agricole*. Sous ce dernier rapport, il s'agit particulièrement de la nourriture azotée, de la potasse et de l'acide phosphorique du sol et, tout spécialement, en première ligne, de la fraction de ces corps qui est relativement facilement soluble et assimilable par les plantes, pendant qu'elles occupent le terrain, dans un rapport avec leurs besoins ; en un mot, de la partie active de ces éléments.

Entrons dans quelques détails. L'*azote* existe dans le sol en proportion très prépondérante, sous forme de combinaison organique, dans l'humus. L'analyse doit donc déterminer la quantité d'humus, sa réaction, son état plus ou moins divisé, spécialement aussi le rapport entre les quantités d'azote organique combiné chimiquement et de carbone ; c'est, en effet, par cette dernière constatation que l'on obtient des éclaircissements sur la rapidité de décomposition de l'humus et, conséquemment, sur la source plus ou moins abondante de nourriture azotée qu'il représente. Des données de l'analyse sous ce rapport, on conclura à la nécessité ou à l'inutilité actuelle d'une importation en azote sous forme d'engrais concentrés. Or, le rapport de l'azote au carbone dans l'humus peut varier de 1 : 5 jusqu'à 1 : 30 ;

il est habituellement écarté lorsque le sol renferme beaucoup d'humus et que celui-ci est franchement acide.

Le chimiste cherche ordinairement à déterminer la teneur en *potasse* active en traitant la terre par l'acide chlorhydrique et par la chaleur. Comme la potasse est, en grande partie, intimement associée avec l'argile, il faut aussi, après le traitement par l'acide chlorhydrique, déterminer exactement le rapport existant dans la solution obtenue entre la potasse et l'élément argileux. Ce rapport est très mobile : tantôt c'est celui de 1 : 4, tantôt celui de 1 : 20 et au delà. Quand ce rapport est resserré et la teneur absolue en potasse élevée, on doit admettre que la plante peut absorber une quantité relative de cet élément plus forte, et ce plus facilement. La teneur en potasse des éléments siliceux est aussi de quelque importance pour la fertilité naturelle du sol qui les contient. En effet, si ces parties sablonneuses consistent presque exclusivement en sable quartzeux ou seulement en silicates sans potasse, la végétation ne peut guère y puiser d'éléments utiles ; si, au contraire, le sol renferme de fortes proportions de feldspath potassique très divisé, la désagrégation rendra chaque année absorbable par les plantes une proportion plus ou moins forte de potasse, ce qui contribuera à élever la fertilité naturelle du terrain.

L'*acide phosphorique* existe également dans les terres, engagé dans des combinaisons plus ou moins solubles. Jusqu'ici, on n'est nullement d'accord sur la marche à suivre dans l'analyse du sol pour déterminer la proportion d'acide phosphorique actuellement utilisable et obtenir des renseignements précis sur des questions d'un grand intérêt au sujet des engrais à appliquer. Habituellement, le chimiste fixe la quantité totale d'acide phosphorique soluble dans les acides et il en conclut que le sol est pro-

portionnellement riche ou pauvre en cet élément, c'est-à-dire que, eu égard aux besoins des cultures, il y a excès ou insuffisance d'acide phosphorique. Mais cette dernière indication exige, comme, en général, toutes les conclusions à tirer des résultats d'une analyse du sol, le contrôle d'un *essai d'engrais* établi convenablement et avec tout le soin nécessaire. Seul, l'essai direct sur la terre à l'étude peut donner une réponse précise à la question adressée au chimiste; le cultivateur intelligent et réellement progressiste ne doit jamais s'en dispenser. Il sera question, dans un autre chapitre, de la manière de procéder dans les recherches consultatives faites à l'aide des plantes sur les besoins du sol. Il nous reste à entrer dans quelques considérations sur un autre moyen de s'orienter dans la question de richesse des terres en matériaux alimentaires actifs. Le moyen auquel nous faisons allusion consiste dans l'analyse chimique des produits récoltés.

La richesse en azote, en cendre totale ou en ses éléments constitutifs des plantes cultivées, appréciée à des périodes de végétation déterminées ou à l'époque de la maturité, est soumise à de grandes variations suivant les conditions de terrain et d'engrais. De là à conclure, d'après les révélations de l'analyse, que le sol est plus ou moins riche, il n'y avait qu'un pas. En fait, ce moyen, proposé depuis longtemps, a été surtout employé à la suite des expériences de végétation entreprises par M. Hellriegel à Dahme, en 1866; elles avaient eu lieu sur de l'orge particulièrement et on avait observé de remarquables différences quant au passage de la potasse dans la plante. Le sol sur lequel portait l'essai consistait en sable quartzeux et les éléments nutritifs lui étaient donnés dissous dans l'eau en quantités égales, à l'exception de la potasse, que chaque vase d'essai

reçut, à l'état de sels appropriés, dans les proportions suivantes pour 4 kil. de sable :

| N° 1 | N° 2 | N° 3 | N° 4 | N° 5 | N° 6 | N° 7 | N° 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1gr.128 | 0gr.564 | 0gr.376 | 0gr.188 | 0gr.094 | 0gr.047 | 0gr.0235 | 0 |

Le poids de la récolte en plantes mûres (8 par pots) s'éleva, avec un rapport à peu près égal pour toutes entre la paille et le grain, aux chiffres suivants :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17gr.88 | 17gr.29 | 17gr.78 | 17gr.77 | 14gr.71 | 10gr.44 | 6gr.80 | 0gr.80 |

La matière sèche de la paille et des balles étant 100, cette partie de la récolte renfermait en potasse, savoir :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| % 6,43 | 4,07 | 3,00 | 0,99 | 0,43 | 0,37 | 0,46 | ? |

Soit des différences en potasse variant de 0,99 à 6,43 p. c., ou de 1 à 6 1/2 p. c., sans qu'il y ait eu des changements dans le développement en grain et en paille. C'est seulement lorsque la teneur en potasse de la substance sèche des pailles et des balles tombe à 0,99 p. c. que l'on observe une diminution du produit total, attendu que celui-ci dépend de l'élément nutritif essentiel qui est présenté au végétal sous une forme absorbable à la dose minimum; en pareil cas, tous les autres éléments nutritifs, quoique en grand excès, sont sans utilité. Les essais précédents semblent montrer que la plante d'orge ne parvient à se développer normalement que lorsqu'elle peut absorber une quantité de potasse telle, que la paille mûre en renferme au moins 0,4 à 0,5 p. c. de la substance sèche; toutefois, la croissance était encore plus luxuriante lorsqu'une absorption plus forte élevait cette proportion à 0,5 jusqu'à 1 p. c. Il est encore à noter que ces différences portaient particulièrement sur la paille et les feuilles des plantes récoltées, beaucoup moins sur le grain, d'où

il résulte que les organes de la reproduction conviennent moins pour des recherches de ce genre.

Des résultats analogues à ceux que nous rapportons pour la potasse ont été obtenus par nous, à Hohenheim, dans des recherches sur l'avoine élevée dans des solutions nutritives. La solution nutritive présentée aux plantes, concentrée à 1/4 p. m., renfermait en acide phosphorique, par vase en expérience :

| N° 1 | N° 2 | N° 3 | N° 4 | N° 5 | N° 6 | N° 7 | N° 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0gr.230 | 0gr.155 | 0gr.098 | 0gr.049 | 0gr.033 | 0gr.025 | 0gr.015 | 0 |

La substance sèche totale (paille, graines et racines réunies) des 6 plantes élevées dans chaque vase renfermait :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20gr.7 | 18gr.64 | 18gr.30 | 15gr.56 | 11gr.47 | 8gr.94 | 5gr.47 | 2gr.05 |

L'acide phosphorique contenu dans 100 parties de cette matière sèche s'élevait respectivement aux proportions ci-après :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,11 | 0,83 | 0,53 | 0,43 | 0,28 | 0,27 | 0,27 | ? |

D'où il résulte que 0,53 p. c. d'acide phosphorique correspond assez au maximum de récolte, tandis qu'une absorption plus forte de cet élément n'a pas élevé sensiblement la quantité de matière sèche produite. A 0,43 d'acide phosphorique pour 100 de matière sèche, la croissance de la plante a encore été normale, mais une diminution progressive du même élément produit une décrépitude rapide de la plante entière. Ces recherches, ainsi qu'un grand nombre d'autres faites à Hohenheim au moyen de solutions nutritives, établissent que la plante d'avoine peut encore se développer normalement et livrer une récolte presque moyenne lorsqu'elle peut absorber, pendant sa croissance,

exprimées en pour cent de la substance sèche de la plante mûre, les quantités suivantes d'éléments minéraux :

| Azote. | Acide phosphorique. | Potasse. | Chaux. | Magnésie. | Acide sulfurique. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,70 | 0,35 | 0,50 | 0,16 | 0,10 | 0,10 |

Mais la végétation de la même plante est beaucoup plus active et les produits plus parfaits lorsque, l'absorption étant plus forte, la teneur centésimale de la substance sèche atteint, pour les corps précédents, respectivement :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1,00 | 0,50 | 0,70 | 0,25 | 0,20 | 0,20 |

Cependant les résultats des recherches faites dans des milieux artificiels, dans l'eau ou dans le sable calciné, ne sont pas directement applicables aux conditions naturelles qui sont celles de l'agriculture. Dans ce dernier cas, le pouvoir absorbant du sol pour les matières nutritives joue un rôle important et, d'autre part, il intervient des agents de dissolution qui déterminent ou qui facilitent plus ou moins le passage des matériaux alimentaires dans la plante.

Rappelons aussi que M. Heinrich, à Rostock, a signalé dans ces derniers temps que l'appréciation de la richesse d'une terre en provision alimentaire active s'acquiert peut-être moins bien par l'analyse de la plante entière ou d'un mélange de ses tiges et de ses feuilles, que par celle de la racine. Celle-ci mérite considération parce que son organisation est plus simple que celle de la paille et des tiges, parce que la racine est le moyen de préhension des aliments dans le sol et qu'elle paraît influencée à tout instant par la constitution momentanée du terrain qu'elle pénètre. M. Heinrich pense que, l'avoine livrant encore des récoltes rémunératrices dans les conditions de terrain et de climat les plus différentes, la racine de cette plante est celle qui convient le mieux pour les recherches sur lesquelles il appelle l'attention. D'après les travaux que ce

chimiste a publiés, les quantités centésimales suivantes, contenues dans la substance sèche de la racine d'avoine mûre, correspondraient à l'échelle de richesse de terrain qualifiée ci-après :

| | Azote. | Potasse. | Acide phosphorique. |
|---|---|---|---|
| Sol *très pauvre*. . . . . | 0,5 à 0,6 | 0,08 à 0,1 | 0,08 à 0,1 |
| » de *fertilité moyenne*. | 0,8 à 1,0 | 0,3 à 0,5 | 0,2 à 0,5 |
| » *très fertile*. . . . . | 1,5 et plus. | 1,0 et plus. | 0,8 et plus. |

En ce qui concerne l'avoine même, les chiffres suivants s'appliqueraient respectivement à des produits faibles, moyens ou élevés :

| | Azote. | Potasse. | Chaux. | Acide phosphorique. |
|---|---|---|---|---|
| Récoltes faibles. . . | 0,5 à 0,6 | 0,1 à 0,2 | 0,2 à 0,3 | 0,1 à 0,2 |
| » moyennes . | 0,7 à 0,9 | 0,2 à 0,4 | 0,3 à 0,4 | 0,2 à 0,3 |
| » élevées . . | 0,9 et plus. | 0,4 et plus. | 0,4 et plus. | 0,3 et plus. |

Pour que le froment prospère en pareil sol, les racines de l'avoine devraient accuser un peu plus d'azote, de potasse et d'acide phosphorique ; pour un développement vigoureux du trèfle, il faudrait plus de potasse et spécialement plus de chaux ; pour une croissance luxuriante du lupin, il faudrait plus de potasse, tandis que la teneur de la terre en chaux, en acide phosphorique et en azote pourrait correspondre au minimum donné pour la production de l'avoine. Dans un cas spécial, on a constaté que les racines de l'avoine renfermaient 1,24 p. c. d'azote, 0,87 p. c. de potasse et 0,18 p. c. d'acide phosphorique et l'application exclusive de phosphates était d'un grand effet. Dans un autre cas, les racines de l'avoine accusaient 0,51 p. c. d'azote, 0,36 p. c. de potasse et 0,21 p. c. d'acide phosphorique, et une fumure azotée (de la poudre de sang pure) s'est montrée extrêmement favorable. Dans un troisième cas, où l'analyse notait 0,79 p. c. d'azote et seulement 0,10 p. c. d'acide phosphorique, il fut suppléé au défaut d'acide phosphorique par un

superphosphate pur, et la terre produisit une avoine tellement vigoureuse, que les chaumes avaient l'aspect de tiges de roseau.

Nous reconnaissons que ces aperçus et ces nombres doivent être confirmés par de nouvelles recherches. Ils méritent cependant de fixer l'attention, car ils ouvrent peut-être une voie nouvelle dans laquelle, avec le concours éventuel de l'analyse sommaire des terres, on trouvera d'autres points de repère ou de nouveaux fondements à un traitement physiologique rationnel du sol cultivé.

---

## ÉTUDE PRATIQUE DES ENGRAIS.

---

L'examen auquel nous avons soumis jusqu'ici les conditions générales de la végétation montre que le développement complet des plantes n'a lieu que pour autant qu'on les mette à même d'absorber par les racines une quantité suffisante de potasse, de chaux, de magnésie, d'acide phosphorique, d'acide sulfurique; il nous a également appris que la plus grande partie de la nourriture azotée pénètre dans le végétal surtout par les racines sous forme de sels ammoniacaux, et plus spécialement à l'état de nitrates. Nous découvrons des indications précises sur les premiers éléments dans la *composition de la cendre des récoltes;* quant à la quantité de matière azotée, elle échappe au calcul, parce qu'on ne peut pas déterminer avec exactitude la quotité d'azote combiné chimiquement qui provient du sol et celle qui, directement ou indi-

rectement, est originaire de l'atmosphère. Nous savons seulement que la présence dans le sol d'une abondante proportion de matières azotées alimentaires assure, toutes choses étant égales, une végétation luxuriante, et que les céréales particulièrement, c'est-à-dire nos principales cultures, exigent la concentration de cette nourriture azotée dans les couches superficielles du sol pour qu'elles atteignent leur complète croissance. La plupart des plantes fourragères, au contraire, notamment les légumineuses, quoique renfermant une notable proportion d'azote, se développent encore dans des terres pauvres en matières azotées, et il est à présumer qu'elles possèdent non seulement la faculté de puiser cet élément, par leurs racines puissantes et très ramifiées, dans les couches profondes du sol, mais aussi de l'enlever par leurs feuilles à l'air atmosphérique.

Quoi qu'il en soit, les efforts du cultivateur ne doivent pas seulement tendre au renouvellement et à l'accumulation graduelle dans le sol cultivé des éléments minéraux essentiels des plantes; il faut, en même temps, viser à l'augmentation nécessaire et simultanée des matériaux qui y introduisent les éléments azotés ou qui sont susceptibles d'en fournir rapidement par leur décomposition.

Si l'on ajoute à ces faits que les substances humeuses du sol, ainsi que celles fournies par les fumiers, ont une importance considérable, bien que généralement indirecte, dans la culture, on arrive facilement à cette conclusion, qu'il importe au plus haut point, pour fonder un traitement physiologique rationnel du sol, de soumettre la question de la fumure à une étude attentive et judicieuse, en tant qu'elle influe sur la qualité et sur la quantité de nourriture végétale qu'il doit posséder pour livrer des récoltes riches et rémunératrices.

Dans le but de présenter un tableau aussi clair que possible de la question de la fumure, nous examinerons successivement les points suivants :

1° Le fumier d'étable et son traitement rationnel;

2° L'exploitation du sol basée sur la production des engrais;

3° La fumure du sol avec le concours des déchets d'industries diverses;

4° L'engrais humain des villes, son traitement et son emploi;

5° Les engrais concentrés ou chimiques et leur importance pour le maintien et l'augmentation de la fertilité du sol;

6° Coup d'œil pratique sur l'emploi judicieux des engrais concentrés.

---

## CHAPITRE IV.

LE FUMIER D'ÉTABLE. — SON TRAITEMENT RATIONNEL.

Le fumier d'étable est partout l'engrais principal; souvent, il est le seul employé en agriculture. Au point de vue pratique où nous nous plaçons, nous ne pouvons nous arrêter à l'examen des cas, d'ailleurs exceptionnels et rares dans nos climats, où le fumier d'étable a été exclusivement remplacé par des engrais concentrés. Le cultivateur a maintenant d'autant plus de raisons de considérer le fumier de ferme comme l'engrais essentiel, que sa production est devenue plus avantageuse par suite de la situation économique meilleure faite au bétail à la faveur de l'élévation du prix de vente de ses produits. Au point de vue de la production du fumier, le bétail a cessé d'être un *mal nécessaire* pour devenir une nouvelle source de prospérité chez le cultivateur intelligent. Toutefois, pour que la culture des terres et l'entretien du bétail présentent des garanties de succès, le praticien doit constamment veiller non seulement à la *quantité,* mais aussi à la *qualité* des engrais obtenus et mettre en œuvre les moyens

quelconques qui sont de nature à prévenir toutes pertes d'éléments utiles et l'abaissement de fertilité des terres, qui en est la suite inséparable.

Quantité de fumier produite. — Le fumier d'étable est formé par les excréments solides et liquides des animaux associés à la litière. L'excipient le plus employé comme litière est la paille, et notamment celle des céréales d'hiver. La quantité ou le poids du *fumier frais* produit se déduit facilement de la masse de fourrage consommé et de la litière, si l'on s'appuie sur les résultats des nombreuses recherches directes faites à ce sujet et en admettant que le fumier de ferme renferme, en moyenne, 25 p. c. de matière sèche et 75 p. c. d'eau.

Considérons d'abord la *substance sèche* contenue respectivement dans le fourrage et dans le fumier. Sur 100 parties en poids de matière sèche existant dans le fourrage consommé, on en retrouve, savoir :

| | Vache. | Bœuf. | Mouton. | Cheval. | Moyenne. |
|---|---|---|---|---|---|
| Dans les déjections solides. | 38,0 | 44,0 | 42,6 | 46,7 | 42,8 |
| Dans les urines. . . . . | 5,8 | 6,3 | 6,8 | 5,7 | 6,2 |
| Somme. . . | 43,8 | 50,3 | 49,4 | 52,4 | 49,0 |

Ces chiffres éprouvent naturellement des oscillations importantes suivant que la ration totale est plus ou moins facilement digestible. Mais, dans la moyenne des circonstances ordinaires des exploitations, on peut admettre que les déjections solides et liquides réunies de nos animaux domestiques (le porc excepté) renferment, à l'état frais, une proportion de substance sèche égale à la moitié de celle contenue dans le fourrage consommé, considéré comme entièrement privé d'eau.

En moyenne, on emploie une quantité de litière équivalente en poids au quart du fourrage consommé, celui-ci ainsi que la litière, étant considérés comme privés d'eau.

100 kil. de fourrage sec consommé fournissent donc 50 kil. de matière sèche au fumier frais produit et 25 kil. de litière sèche, soit, ensemble, 75 kil., correspondant à 300 kil. de fumier d'étable renfermant 25 p. c. de matière sèche. 1,000 kil. poids vivant de nos diverses espèces domestiques consomment par jour, en moyenne, 24 kil. de masse fourragère sèche et on emploie 6 kil. de paille sèche pour litière; la production journalière en fumier s'élève donc à $12 + 6 = 18$ kil. de fumier sec ou 72 kil. de fumier frais à 75 p. c. d'eau, et la production annuelle de 1,000 kil. poids vif de bétail tenu en stabulation permanente atteint 6,570 kil. d'engrais sec, équivalant à 26,280 kil. de fumier frais. Une réduction correspondante de la quantité totale de fumier obtenu a naturellement lieu si, comme dans la bergerie, on emploie moins de litière que la proportion indiquée plus haut.

Ainsi donc, pour apprécier le poids absolu de *fumier frais* produit dans une exploitation, il faut, au moyen des tables que l'on possède, déterminer la composition moyenne des fourrages, ajouter la moitié de la substance sèche de ceux-ci à la litière, aussi réduite à l'état sec, et multiplier la somme par 4.

Une méthode plus exacte pour déterminer la quantité de fumier produite est la suivante : Au moyen de tables relatives à cet objet, insérées à la fin du présent ouvrage, on calcule la teneur en substance sèche des fourrages consommés, ainsi que la quantité d'excréments solides résultant de cette consommation. On obtient cette dernière quantité en multipliant le chiffre de la substance sèche du fourrage par le nombre obtenu en soustrayant de 100 le « coefficient de digestibilité ». On donne ce nom au taux pour cent de la matière sèche totale consommée qui est digéré. Nous avons indiqué ces coefficients dans la table

consacrée à la *substance organique* pour un grand nombre d'aliments, et ce, autant que possible, pour les ruminants, pour le cheval et pour le porc[1]. Mais, comme ils se rapportent à la substance sèche totale du fourrage, c'est-à-dire les matières minérales (cendre) comprises, il faut, pour le point qui nous occupe, diminuer les coefficients donnés de 1 p. c. ou, ce qui revient au même, augmenter de 1 p. c. les chiffres à employer pour calculer le poids sec des déjections solides. Ayant ainsi déterminé les quantités d'excréments solides secs, il faut y ajouter la substance sèche des urines ; pour cette dernière, on atteint une appréciation suffisamment rigoureuse en l'évaluant à 6 p. c. du poids des fourrages secs consommés. Ce taux résulte d'un grand nombre de recherches ayant donné les chiffres moyens ci-après : bœuf, 6,31 ; vache, 5,82 ; mouton, 6,85 ; cheval, 5,72 ; porc, 5,37 ; *moyenne générale,* 6,01.

Quant au *rapport de la matière sèche des déjections solides et liquides à l'eau* qu'elles contiennent et, conséquemment, à l'eau du mélange qu'elles forment en s'associant, les recherches ont montré qu'il est, en moyenne : pour le gros bétail = 1 : 7 ; pour le mouton = 1 : 3,5 ; pour le cheval = 1 : 3,8 ; pour le porc = 1 : 18,2. Ce rapport ne varie pas, en général, pour les bœufs, les vaches et le jeune bétail ; la quantité d'eau passant en plus dans le lait, chez la vache laitière, est contre-balancée dans les excrétions par l'eau de boisson que cet animal absorbe en quantité correspondante plus élevée. Il est à remarquer, relativement à la *paille-litière* considérée comme séchée à l'air, qu'il faut en employer, en conditions normales, par *10 kil. de substance sèche contenue dans les excréments solides*

(1) *Alimentation rationnelle des animaux domestiques*, par E. Wolff. Nouvelle édition.

*et liquides,* savoir : pour le gros bétail, 5,8 kil. ; pour le mouton, 3 kil. ; pour le cheval, 5 kil., et pour le porc, 50 kil. Ces proportions représentent par jour : pour une tête de bétail d'environ 500 kil. poids vivant, 3 kil. ; pour un cheval de même poids, 2,5 kil. ; pour un mouton (pesant environ 45 kil.), 0,150 kil., et pour un porc (de 100 à 200 kil. poids vif), 1,5 kil. de paille séchée à l'air. Cette quantité, calculée sans eau, s'élève, pour le gros bétail, à environ la moitié de la substance sèche totale des fèces et des urines. La quantité de paille-litière est proportionnellement très élevée pour le porc parce que cet animal (spécialement si son engraissement marche de pair avec sa croissance) reçoit ordinairement des aliments d'une digestion très facile; il en résulte que l'organisme laisse passer très peu de substance sèche dans les déjections.

D'après cela, et à la condition que le fumier des bêtes à cornes reste imprégné des urines et que l'on veille aussi à prévenir toutes pertes liquides pour les autres espèces domestiques, on détermine la quantité de *fumier frais* produite en multipliant le poids de substance sèche des excréments frais et de la paille-litière par les facteurs suivants :

Gros bétail, 5; Mouton, 3,8; Cheval, 3,7; Porc, 4,6.

Mais, dans la pratique, le fumier de ferme employé n'est ordinairement transporté sur les terres qu'après plusieurs mois d'une fermentation *modérée.* Dans ces conditions, et pour autant que la quantité de paille-litière employée soit normale, les facteurs suivants sont à adopter :

Gros bétail, 4; Mouton, 3; Cheval, 3; Porc, 3,7.

Dans chaque cas, le fumier de gros bétail contient 20, celui de mouton 26, celui de cheval 27 et celui de porc 21,5 p. c. de substance sèche. Adoptant ces bases de

calcul, on obtient, en moyenne, par tête et par jour, les quantités de fumier ci-après :

| | Gros bétail. (500 kil.) | Mouton. (45 kil.) | Cheval. (500 kil.) | Porc. (100 à 200 kil. |
|---|---|---|---|---|
| Fumier frais . . . . . | 42,9 kil. | 2,4 kil. | 26,5 kil. | 7,33 kil. |
| » modérément décomposé . . . . | 31,6 » | 1,9 » | 21,45 » | 5,83 » |

Soit, par an, respectivement :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fumier frais. . . . . | 15700 kil. | 8760 kil. | 9670 kil. | 2675 kil. |
| » semi-décomposé . | 11500 » | 6930 » | 7830 » | 2130 » |

Pour le cheval et le bœuf de trait, les quantités préindiquées doivent être réduites d'un tiers, et parfois plus, à raison des pertes faites pendant le travail. Dans les observations entreprises récemment à Pommritz, la production journalière, pour 500 kil. poids vivant de gros bétail, a été, en hiver, de 43,15 kil. de fumier frais et de 4,22 kil. de purin, ensemble 47,37 kil. ; mais on accordait chaque jour 5 kil. de paille-litière au lieu de 3 kil., comme plus haut, et l'analyse a montré que 14239,7 kil. de fumier frais contenaient 2820 kil. de substance sèche, soit presque exactement 20 p. c.

Nous appliquerons les données de ce mode de calcul à une étable composée de 20 vaches (d'un poids vif moyen de 500 kil.) et de 10 jeunes bêtes (pesant, en moyenne, 250 kil.) tenues pendant six mois d'hiver (183 jours) et ayant consommé les quantités de fourrages ci-dessous :

| Aliments consommés. | | Matière sèche des aliments. | | Matière sèche des excréments solides frais. |
|---|---|---|---|---|
| 17800 kil. | foin de prairie . . . | × 85,7 | 15255 kil. × 40,2 = | 6130,3 kil. |
| 9500 » | foin de trèfle . . . | × 84,0 | 7980 » × 43,2 = | 3447,4 » |
| 8400 » | balles de froment . | × 85,7 | 7199 » × 48,0 = | 3455,5 » |
| 68600 » | betteraves fourragères . . . . . | × 12,0 | 8232 » × 12,3 = | 1012,5 » |
| 5500 » | avoine en grain . . | × 85,7 | 4713 » × 31,8 = | 1498,7 » |
| 3600 » | tourteau de colza. . | × 88,7 | 3193 » × 34,5 = | 1101,6 » |
| 3600 » | son de froment. . . | × 86,9 | 3128 » × 27,7 = | 866,5 » |
| | | | 49700 kil. × 35,24 = | 17514,7 kil. |

Nous avons admis, dans cet exemple, que les foins de prairie et de trèfle sont de qualité moyenne et que la digestibilité des balles de froment est égale à celle de la paille des céréales d'été (avoine et orge).

Il faut ajouter à la quantité de déjections intestinales, considérées à l'état sec, la matière sèche du fourrage, soit, d'après ce qui précède ($1 + 6 = 7$ p. c.), 3479 kil. La litière étant, par jour et pour 500 kil. poids vivant des animaux, de 3 kil. de paille de froment, on trouve qu'il a fallu 13730 kil. de paille renfermant 85,7 p. c., soit, en tout, 11766 kil. de substance sèche. Complétant le calcul d'après les indications exposées, la production en fumier semi-décomposé serait de $17515 + 3479 + 11766 = 32760 \times 4 = 131040$ kil., renfermant, non 25 p. c. de substance sèche, comme dans l'engrais frais des bêtes bovines, mais 20 p. c. seulement. Pendant la fermentation du fumier en tas, fermentation qui dure deux ou trois mois, environ le cinquième de la quantité totale originaire de matière sèche disparaît par décomposition et évaporation (voir ci-après, p. 123).

Éléments des fourrages passant dans les déjections. — C'est moins la quantité que la *qualité* qui détermine la valeur et l'efficacité des fumiers. Pour se faire une idée exacte de la qualité, il faut d'abord examiner dans quelle mesure les éléments végétaux nutritifs essentiels renfermés dans le fourrage se retrouvent dans les évacuations et rechercher s'ils y arrivent sous forme de déjections solides ou liquides et s'ils abandonnent le corps animal à l'état plus ou moins soluble.

Relativement à la *substance organique*, à l'*azote* et à la *somme totale des cendres* renfermés dans le fourrage, des expériences directes d'alimentation ont donné les résultats suivants. Sur 100 parties en poids de fourrage, on a trouvé, en moyenne :

| *Substance organique.* | Vache. | Bœuf. | Mouton. | Cheval. | Moyenne. |
|---|---|---|---|---|---|
| Dans les déjections solides . . . | 39,5 | 42,5 | 41,0 | 44,1 | 41,8 |
| Dans l'urine. . . . . | 4,0 | 4,4 | 2,0 | 3,3 | 3,4 |
| *Azote.* | | | | | |
| Dans les déjections solides . . . | 47,5 | 33,9 | 46,7 | 32,4 | 40,1 |
| Dans l'urine. . . . . | 31,0 | 54,8 | 42,3 | 60,7 | 47,2 |
| *Matières minérales.* | | | | | |
| Dans les déjections solides . . . | 53,9 | 64,6 | 57,9 | 62,5 | 59,7 |
| Dans l'urine. . . . . | 43,1 | 34,3 | 41,0 | 37,5 | 39,0 |

Il ressort de ce tableau que, sur 100 parties de la substance organique du fourrage, il en passe, en moyenne, 45,27 dans les déjections et les urines; que, sur 100 parties d'azote, on en retrouve 87,3, et que, sur 100 parties de substances minérales, il en apparaît 98,7 dans les déjections. L'azote du fourrage ou son équivalent doit reparaître presque en totalité dans les excréments si l'animal ne fournit pas d'autres produits que le fumier, tels que du lait, de la viande, de la laine, etc. Si les chiffres précédents accusent, même pour le bœuf et le cheval, un déficit en azote, il faut le reporter soit sur une augmentation en viande des animaux, soit sur quelque erreur d'expérimentation dans le dosage de l'azote; mais, en tout cas, il est très faible.

Les urines seules contiennent généralement, en moyenne, presque la moitié de l'azote et un peu plus du tiers des matières minérales renfermés dans le fourrage. Relativement à la nature des éléments minéraux, il est à remarquer que les alcalis du fourrage passent essentiellement dans les urines; c'est ainsi que l'on a constaté, dans l'urine du bœuf et du mouton soumis à une ration d'entretien, jusqu'à 95 p. c. de la proportion d'alcalis existant dans le fourrage. Par contre, il n'y a que des traces d'acide phosphorique et des quantités très faibles de chaux dans l'urine des animaux domestiques ordinaires, tandis que leurs déjections solides sont proportionnellement riches en ces éléments. Il est cependant à observer que les urines

du cheval renferment, en moyenne, en potasse 65 p. c. et en chaux 45 p. c. de la quantité totale de ces éléments contenue dans le fourrage absorbé(1).

Chez le porc, animal que l'on nourrit généralement au moyen d'aliments très facilement digestibles et qui, par ce fait, livre peu de déjections solides, une proportion plus forte encore d'azote et de matières minérales passe dans les urines que chez les herbivores proprement dits; chez le même animal, l'acide phosphorique du fourrage se retrouve aussi en grande quantité dans l'urine, bien que ce corps soit cependant en proportion plus élevée dans les excréments solides. Citons un exemple emprunté aux observations entreprises, à Pommritz, sur deux porcs bien nourris, âgés de 9 1/2 mois et pesant chacun 121,9 kil. L'un de ces animaux [I] consommait par jour 1 kil. d'orge, 5 kil. de pommes de terre et 2,572 kil. de lait écrêmé; l'autre [II], les mêmes quantités des deux derniers aliments et 1 kil. de pois au lieu d'orge. Dans ces conditions, les excréments renfermaient, en moyenne, par jour, en grammes, savoir :

| *Excréments solides.* | Substance sèche. | Azote. | Cendre totale. | Potasse. | Chaux. | Magnésie. | Acide phospho-rique. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Porc I. . . . . | 217,7 | 8,7 | 28,6 | 7,3 | 4,4 | 3,0 | 10,3 |
| Porc II . . . . . | 161,1 | 9,1 | 31,1 | 5,9 | 4,9 | 2,8 | 11,1 |
| *Urine.* | | | | | | | |
| Porc I. . . . . | 112,8 | 19,3 | 56,2 | 33,0 | 0,4 | 0,9 | 6,7 |
| Porc II . . . . . | 137,7 | 30,6 | 62,2 | 37,1 | 0,2 | 1,1 | 7,1 |

(1) Il est utile de rappeler ici que, d'après les observations de M. Chevron, professeur à l'Institut agricole de Gembloux, la proportion d'acide phosphorique passant dans les déjections solides ou dans les émissions liquides varie avec le régime alimentaire. Ainsi, en hiver, lors d'une alimentation relativement pauvre en chaux par exemple, l'acide phosphorique passe en proportion plus élevée dans les urines que sous l'influence d'un régime au trèfle vert, renfermant plus de chaux; dans ce dernier cas, l'acide phosphorique s'unit à la chaux et se retrouve en quantité plus notable dans les excréments solides.

*(Note du traducteur.)*

Au point de vue pratique, nous pouvons déduire de ces faits quelques conclusions importantes :

*A*. Le cultivateur doit consacrer tous ses soins à la conservation des déjections liquides produites dans la ferme, car elles sont extrêmement riches en éléments fécondants;

*B*. Les déjections solides et les déjections liquides se complètent réciproquement par les éléments nutritifs végétaux qu'elles renferment. On doit donc, autant que possible, les réunir pour les rendre au sol; ce n'est qu'à cette condition que le fumier d'étable forme un engrais complet.

Composition des fourrages consommés. — La *qualité* des fumiers dépend essentiellement de la *composition des fourrages* sous l'influence desquels ils sont produits. La composition chimique du fourrage réellement consommé et des matériaux employés comme litière est donc la seule base fondamentale à adopter pour la détermination de la valeur des fumiers obtenus.

A cet égard, nous avons appris antérieurement que les éléments nutritifs à accumuler dans le voisinage des racines, et qui doivent sans cesse être renouvelés dans le sol en proportion suffisante, sont les suivants : la *potasse*, la *chaux*, la *magnésie*, l'*acide phosphorique*, l'*acide sulfurique* et une combinaison appropriée d'*azote*. Il faut encore signaler l'acide silicique, qui, il est vrai, ne peut être considéré comme un élément nutritif général et n'exerce pas d'action directe dans la formation de la substance végétale, mais qui est absorbé en grande proportion par toutes les graminées (céréales) et qui semble favoriser d'une façon en quelque sorte mécanique la maturité uniforme de ces plantes.

Nous donnons à la fin de ce travail le tableau de la

composition moyenne des principaux fourrages. Il est à peine nécessaire d'indiquer les services qu'il peut rendre. Au point de vue qui nous occupe, la composition, c'est-à-dire la qualité du fumier d'étable produit, ne peut se déduire que de la teneur des fourrages consommés en éléments nutritifs végétaux. Au surplus, il n'y a pas de pratique rationnelle de l'agriculture possible sans le calcul, sans des opérations sur les chiffres, parfois assez fastidieuses. Montrons, par un exemple emprunté à la pratique, comment a lieu la détermination de la qualité des engrais obtenus.

On a soumis à l'engraissement, à Hohenheim, du 17 décembre 1866 au 15 avril 1867, c'est-à-dire pendant 120 jours, un troupeau de 16 têtes de gros bœufs adultes. L'alimentation a été très intensive et le résultat satisfaisant, puisque l'augmentation moyenne par tête a été de 139 kil. (poids initial total, 11600 kil.; poids final, 13825 kil.), soit 1,160 kil. par jour. Les quantités de fourrage et de litière consommées, ainsi que leur composition élémentaire sont présentées dans le tableau suivant :

| | | Matière sèche. | Matières minérales. | Azote. |
|---|---|---|---|---|
| 17800 kil. | foin de prairie. . . . | 15254,5 kil. | 1064,5 kil. | 275,9 kil. |
| 4200 „ | balles de froment . . | 3599,5 „ | 386,4 „ | 30,3 „ |
| 12400 „ | betteraves fourragères. | 1488,0 „ | 112,8 „ | 22,3 „ |
| 2375 „ | orge concassée . . . | 2035,5 „ | 53,0 „ | 38,0 „ |
| 26850 „ | drêche . . . . . | 6283,0 „ | 284,6 „ | 209,4 „ |
| 1525 „ | germes d'orge. . . . | 1403,0 „ | 103,2 „ | 56,1 „ |
| 2687 „ | tourteaux de colza . . | 2384,5 „ | 152,2 „ | 135,7 „ |
| 7000 „ | seigle (en vinasse) . . | 3360,0 „ | 125,3 „ | 123,2 „ |
| 1900 „ | pommes de terre (id.). | 95,0 „ | 9,0 „ | 3,3 „ |
| | Ensemble. . . | 35903,0 kil. | 2291,0 kil. | 894,2 kil. |
| 5760 „ | paille-litière . . . . | 4936,5 „ | 242,5 „ | 25,3 „ |
| | Somme. . . | „ | 2533,5 kil. | 919,5 kil. |

La composition des matières minérales est la suivante :

| | Potasse. | Chaux. | Magnésie. | Acide phosphorique. | Acide sulfurique. | Acide silicique. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Foin de prairie. . . . | 284,8 | 169,1 | 73,0 | 76,6 | 55,2 | 306,2 |
| Balles de froment . . | 35,3 | 7,2 | 5,1 | 16,8 | — | 313,7 |
| Betteraves fourragères. | 59,5 | 3,7 | 4,9 | 9,9 | 3,7 | 2,5 |
| Orge concassée. . . . | 11,2 | 1,4 | 4,8 | 18,5 | 1,0 | 13,8 |
| Drêche. . . . . | 10,7 | 40,3 | 29,5 | 104,6 | — | 94,0 |
| Germes d'orge . . . | 31,7 | 2,9 | 2,9 | 27,8 | 4,1 | 22,7 |
| Tourteau de colza . . | 35,0 | 19,1 | 19,6 | 53,7 | 9,1 | 7,8 |
| Seigle (en vinasse) . . | 40,6 | 3,5 | 14,0 | 59,5 | 1,4 | 2,6 |
| Pommes de terre (id.). | 5,5 | 0,3 | 0,5 | 1,5 | 0,6 | 0,2 |
| Total. . . | 514,3 | 247,5 | 154,3 | 368,9 | 75,1 | 763,5 |
| Paille-litière. . . . . | 42,9 | 16,7 | 6,7 | 13,6 | 7,8 | 143,5 |
| Ensemble. . . | 557,2 | 264,2 | 161,0 | 382,5 | 82,9 | 907,0 |

Pour calculer la quantité totale de fumier frais produit, il faut, d'après la méthode ancienne et la plus simple donnée plus haut (p. 100), ajouter la quantité totale de litière sèche à la moitié de la matière sèche contenue dans le fourrage et multiplier la somme par 4; il vient ainsi dans notre exemple : $17951{,}5 + 4936{,}5 = 22888 \times 4 = 91552$ kil. de fumier à 25 p. c. de substance sèche.

Si l'on opère le calcul de la quantité de fumier d'après la seconde méthode précédemment exposée, on constate, dans le cas examiné, que la quantité de substance sèche renfermée dans les excréments frais des bœufs et dans la paille-litière est la suivante :

$$12652{,}2 + 2513{,}2 + 4936{,}5 = 20101{,}9 \text{ kil.}$$

Ce nombre multiplié par 5, puis par 4, donne respectivement 100509,5 kil. de fumier frais et 80407,6 kil. de fumier semi-décomposé ne renfermant, dans les deux cas, au lieu de 25, que 20 p. c. de substance sèche. La quantité totale de cette dernière dans le fumier frais est donc un peu plus faible d'après le nouveau mode de calcul que

d'après l'ancien; ce résultat est dû à ce que, lors d'une alimentation intensive et rationnelle des animaux, la digestibilité de la masse alimentaire est augmentée et qu'il est, en effet, expulsé, sous forme d'excréments, une quantité de matière sèche moindre que celle admise dans l'ancienne méthode.

La *composition centésimale,* c'est-à-dire la qualité du fumier frais calculé, ressort aussi des nombres ci-dessus. Elle est la suivante, selon que l'on opère d'après l'ancienne (I) ou d'après la nouvelle méthode (II) :

| | Substance sèche. | Cendre. | Azote. | Potasse. | Chaux. | Magnésie. | Acide phospho-rique. | Acide sulfuri-que. | Acide silicique. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 25,0 | 2,77 | 1,00 | 0,61 | 0,29 | 0,18 | 0,42 | 0,09 | 0,99 |
| II | 20,0 | 2,50 | 0,91 | 0,55 | 0,26 | 0,16 | 0,38 | 0,08 | 0,90 |

Lorsque les animaux sont soumis à un régime d'entretien ou quand il s'agit d'un bétail adulte à l'engrais, l'organisme retient proportionnellement peu d'azote et de matières minérales, et le faible changement que le chiffre représentant la production en fumier en éprouve peut être négligé. Lorsqu'il s'agit, au contraire, de bêtes d'élève ou d'animaux entretenus en vue de la production du lait, il importe de tenir compte de la perte en azote et en éléments minéraux détournés des déjections, tandis que le poids de la substance sèche du fumier frais, de même que le poids absolu de celui-ci, peuvent être calculés comme nous l'avons indiqué plus haut.

Dans l'exemple rapporté ci-dessus (p. 104), s'appliquant à la production en fumier d'une étable de 20 vaches laitières et de 10 têtes de jeune bétail, on constate qu'il a été livré en six mois, calculées d'après la teneur moyenne des divers aliments, les quantités suivantes d'azote et de matières minérales :

| | Azote. | Cendre totale. | Acide phospho-rique. | Potasse. | Chaux. | Magnésie. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Foin de prairie. . . . kil. | 275,9 | 1064,5 | 76,5 | 284,8 | 169,1 | 73,0 |
| „ de trèfle . . . . „ | 187,2 | 547,2 | 53,2 | 176,7 | 191,0 | 59,9 |
| Balles de froment . . „ | 60,5 | 772,8 | 33,6 | 70,6 | 14,3 | 10,1 |
| Betteraves fourragères. „ | 133,5 | 624,3 | 54,9 | 328,3 | 20,6 | 27,4 |
| Avoine . . . . . „ | 96,8 | 146,8 | 37,4 | 26,4 | 5,5 | 10,5 |
| Tourteau de colza . . „ | 181,8 | 205,2 | 72,0 | 46,8 | 25,6 | 26,3 |
| Son de froment. . . . „ | 80,6 | 192,6 | 96,8 | 55,1 | 5,4 | 32,4 |
| Total. . . „ | 1006,3 | 3553,5 | 424,4 | 988,7 | 431,5 | 239,6 |
| Paille-litière (de froment) . | 65,9 | 631,6 | 30,2 | 87,5 | 37,1 | 15,1 |
| Ensemble. . . | 1072,2 | 4185,1 | 454,6 | 1076,2 | 468,6 | 254,7 |

Il faudrait encore ajouter à la cendre totale le sel marin fourni à l'étable, ainsi que les substances minérales contenues dans l'eau de boisson; mais ces apports, à cause de leur faible importance, sont négligeables. Par contre, dans notre cas, les vaches laitières ont donné, outre leur fumier, une certaine quantité de lait et les jeunes bêtes ont augmenté de poids; ces productions ont exigé une quantité déterminée d'azote et de matières minérales provenant du fourrage et qu'il faut déduire des quantités totales calculées. D'après les travaux sur ces points, 1000 parties en poids des produits ci-après contiennent :

| | Azote. | Cendre totale. | Acide phospho-rique. | Potasse. | Chaux. | Magnésie |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lait. . . . . | 5,4 | 7,2 | 2,0 | 1,7 | 1,7 | 0,2 |
| Augmentation de poids : | | | | | | |
| Chez le gros bétail à l'engrais . . . . . | 11,6 | 2,9 | 1,3 | 1,2 | 0,1. | 0,1 |
| Chez le jeune bétail. . . | 25,8 | 42,3 | 16,2 | 2,1 | 18,6 | 0,6 |
| Chez les moutons jeunes. | 22,4 | 31,7 | 12,3 | 1,5 | 13,2 | 0,4 |

En admettant, eu égard aux aliments consommés, que la production a été, par jour, en lait, de 8,5 kil. par vache laitière et, en poids vif, de 0,500 kil. par jeune bête, elle s'élève, pour la période de 183 jours, aux quantités suivantes :

| | Azote. | Cendre. | Acide phosphorique totale. | Potasse. | Chaux. | Magnésie. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. |
| 31110 kil. lait . . . . | 168,0 | 223,0 | 62,2 | 52,9 | 52,9 | 6,2 |
| 915 kil. croît du jeune bétail. . . . . | 23,6 | 38,7 | 14,8 | 1,9 | 17,0 | 0,5 |
| Somme en kil. . | 191,6 | 261,7 | 77,0 | 54,8 | 69,9 | 6,7 |

Ce sont des quantités élevées, représentant, par exemple, pour l'azote 17,9 p. c., pour l'acide phosphorique 17 p. c. des mêmes éléments renfermés dans les aliments et la litière réunis; au surplus, elles peuvent même dépasser ces chiffres dans certaines circonstances. Opérant des réductions, correspondantes à ces nombres, sur les chiffres trouvés ci-dessus de 163801 kil. de fumier frais(I) et de 131041 kil. de fumier à demi décomposé (p. 105)(II), on trouve que la composition centésimale de l'engrais en éléments essentiels serait :

| | Azote. | Cendre. | Acide phosphorique. | Potasse. | Chaux. | Magnésie. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 0,538 | 2,390 | 0,231 | 0,624 | 0,243 | 0,152 |
| II | 0,672 | 2,994 | 0,288 | 0,729 | 0,304 | 0,190 |

Nous supposons ici que, indépendamment des éléments retenus dans les produits de vente, le fumier recueilli n'éprouve nulle perte en éléments nutritifs essentiels, soit par dégagement dans l'air, soit par lavage et entraînement. Sans doute, cette perfection est difficilement réalisable en pratique; mais on reconnaît de la façon la plus évidente que des raisons extrêmement sérieuses invitent le cultivateur à traiter ses fumiers d'une manière judicieuse. Il s'agit, en effet, de quantités importantes d'éléments nutritifs de haute valeur dont l'achat, lorsqu'il a lieu sous forme d'engrais commerciaux, nécessite de grandes dépenses.

Le fumier obtenu des vaches laitières et du jeune bétail, dans le cas précédent, ne contiendrait donc, à l'état frais, qu'environ 1/2 p. c. en moins d'azote et d'acide phosphorique

que le fumier livré par les bœufs adultes à l'engrais, richement nourris, considérés dans le premier exemple; la teneur en potasse est sensiblement la même dans les deux cas. Mais, fréquemment, appréciée en tant pour cent, la richesse du fumier de vacherie est sensiblement plus faible en azote et en acide phosphorique; cette teneur inférieure est surtout la conséquence de l'emploi de grandes quantités de pailles et de balles et d'une proportion relative de paille-litière supérieure à celle adoptée pour nos calculs. C'est ce qui ressort en chiffres intéressants des observations faites à la station expérimentale de Kiel sur deux fumiers d'étable. L'un provenait d'une étable profonde, où l'engrais reste accumulé sous le pied des animaux; la litière est abondante et les urines pénètrent dans le fumier; le second est un fumier préparé dans une fosse suivant le système généralement en usage.

| 1000 parties de fumier renfermaient : | Éléments pailleux. | Éléments fins. | Soluble dans l'eau. | Total. |
|---|---|---|---|---|
| | Fumier de l'étable profonde. | | | |
| Eau | — | — | — | 771,20 |
| Substance sèche | 148,10 | 60,40 | 20,30 | 228,80 |
| » organique | 142,00 | 49,80 | 10,70 | 202,50 |
| Azote | 0,88 | 0,67 | 2,56 | 4,11 |
| Cendre totale | 6,00 | 10,70 | 9,60 | 26,30 |
| Acide phosphorique | 0,37 | 0,91 | 0,14 | 1,42 |
| Potasse | 0,08 | 0,90 | 4,69 | 5,67 |
| | Fumier de fosse ordinaire. | | | |
| Eau | — | — | — | 815,00 |
| Substance sèche | 115,20 | 51,90 | 17,90 | 185,00 |
| » organique | 109,40 | 40,70 | 9,70 | 159,80 |
| Azote | 0,70 | 0,99 | 1,47 | 3,16 |
| Cendre totale | 5,80 | 11,20 | 8,20 | 25,20 |
| Acide phosphorique | 0,42 | 0,52 | 0,44 | 1,38 |
| Potasse | 0,13 | 0,50 | 4,11 | 4,74 |

Ces fumiers ne renfermaient pas d'acide nitrique. La quantité d'azote soluble sous forme d'ammoniaque s'élevait

dans le fumier de l'étable profonde à 0,655 p. m. et, pour le second, à 0,292 p. m. ; le reste de l'azote existait à l'état de combinaison organique. Il n'y a pas lieu de tirer d'autres conclusions de la comparaison de ces deux fumiers parce que l'alimentation n'était pas la même dans les deux cas et que, au surplus, on n'a pas de renseignements sur la façon dont les échantillons à analyser ont été prélevés. Peut-être cependant n'est-ce pas accidentellement que l'engrais de l'étable profonde renferme une quantité totale d'azote plus élevée, notamment sous forme d'ammoniaque, que le fumier conservé d'après le système ordinaire. Par contre, l'acide phosphorique était, dans le premier, sous une forme moins soluble, il s'y présentait davantage dans les éléments ténus qu'enlève le lavage à l'eau; quant à la potasse, elle existait dans un état de solubilité sensiblement identique pour les deux fumiers.

On doit aussi tenir compte, dans l'appréciation de la qualité du fumier produit, ainsi que dans le traitement ultérieur, de l'azote qui a été utilisé, ce que l'on apprécie par les coefficients de digestibilité de la protéine brute. Il faut admettre que l'azote, qui est digéré dans la mesure indiquée par la quantité passant dans les urines, déduction faite de celle existant dans le lait produit, etc., se transforme rapidement en ammoniaque et que, en cet état, il se dégage très facilement. Conséquemment, plus la proportion d'azote ammoniacal est grande et plus il importe, par des manipulations bien entendues, d'empêcher, autant que possible, les déperditions de ce corps.

Influence de l'espèce domestique sur le fumier produit. — Les diverses espèces animales domestiques fournissent, comme on sait, dans la majorité des circonstances, un fumier différant en qualité et en quantité. Ces différences dépendent de la constitution physique des

déjections, du régime alimentaire prédominant, du mode d'utilisation des animaux; ainsi que de la boisson absorbée. Quant à celle-ci, la quantité d'eau incorporée varie, pour une même espèce, avec la composition de la ration, la dose de sel marin ingérée, la température extérieure, voire même suivant les habitudes des animaux. Ne pouvant examiner ces divers points en détail, nous nous bornerons à l'énumération des faits essentiels :

*A*. Le *fumier de gros bétail*, particulièrement celui des vaches laitières, est presque partout l'engrais dominant, celui que l'on produit en plus grande quantité. La vache laitière absorbe, dans l'alimentation d'hiver habituelle, environ 4 kil. d'eau par kilogramme de matière sèche contenue dans le fourrage; cette proportion comprend l'eau renfermée dans la nourriture et celle fournie par l'eau de boisson prise librement. Dans l'alimentation aux vinasses, à la betterave, ainsi que lors du régime presque exclusif du vert en été, la masse d'eau absorbée est plus élevée : elle s'élève jusqu'à 6 kil. et au delà par kilogramme de matière sèche du fourrage. Sans doute, la quantité d'eau que la vache laitière nécessite pour la production du lait, ainsi que celle évaporée par l'expiration et la transpiration, est assez considérable (elle atteint, en moyenne, le tiers de la quantité totale absorbée); mais, il est à remarquer que le fumier et surtout l'urine de la vache renferment relativement beaucoup d'eau et qu'il s'accumule de grandes quantités de purin dans les citernes, notamment lorsqu'il y a pénurie de litière. Le jeune bétail, et particulièrement les bœufs d'un an soumis à la ration d'entretien, absorbent un peu moins d'eau, soit 3 à 4 kil. par kilogramme de matière sèche du fourrage; mais comme les quatre cinquièmes ou même les cinq sixièmes de cette quantité passent dans les déjections, si la litière reste

la même, la proportion moyenne d'eau renfermée dans les fumiers frais de vacherie et de bouverie ne varie guère.

Le fumier des bêtes à cornes est appelé froid parce que, accumulé et conservé en gros tas, il ne s'échauffe pas aussi promptement et à un degré aussi élevé que les autres. La décomposition et la putréfaction, qui le transforment partiellement en nourriture végétale assimilable, ont lieu, dans les conditions ordinaires, assez lentement; son efficacité immédiate sur la végétation n'est donc pas très énergique, mais elle est plus durable ; elle s'étend presque uniformément sur une période de trois ou quatre ans.

Ce caractère de l'engrais du gros bétail dépend du faible degré de concentration de l'urine des animaux producteurs, de la quantité d'eau contenue dans les déjections et de l'extrême division des parties solides qu'elles renferment. Ce fumier s'agglomérant facilement, sa répartition uniforme sur le champ et dans le sol est assez difficile. La fiente de vache renferme d'ailleurs beaucoup de substances résineuses et gélatineuses qui, par la dessiccation, empêchent la pénétration de l'air et de l'humidité et ralentissent la décomposition. Elle s'agglutine souvent en mottes qui peuvent persister dans la couche arable, dans un état de demi-carbonisation, pendant plus d'un an. Par une alimentation intensive, riche en azote, par le mélange avec les fumiers des bœufs à l'engrais, ceux des vaches sont améliorés et leurs effets rendus notablement plus actifs;

*B*. Le cultivateur considère le *fumier de cheval* comme un engrais chaud dont la matière organique éprouve une décomposition rapide. Aussi doit-on chercher à en modérer la fermentation et l'échauffement, afin d'éviter une trop grande production d'éléments utiles dont une partie est perdue pour la végétation.

C'est à la composition chimique ainsi qu'à la constitution

mécanique du fumier de cheval que ces propriétés sont dues. Les déjections solides sont dépourvues de cohérence parce que cet animal absorbe généralement de grandes quantités de fourrages fibreux et d'avoine, dont l'enveloppe extérieure est riche en cellulose. La mastication est d'ailleurs moins complète que chez les ruminants, d'où la conséquence que le cheval digère aussi une proportion plus faible de cellulose. Le défaut de consistance facilite l'évaporation de l'humidité, la pénétration de l'air atmosphérique, et accélère la décomposition de la matière organique. Celle-ci est encore favorisée par la grande concentration et la richesse de l'urine en substances organiques azotées, lesquelles se décomposent facilement et agissent aussi comme ferment sur les parties solides des déjections. Les vapeurs ammoniacales pénétrantes qui se développent dans les écuries et les bergeries indiquent une décomposition rapide des matières accumulées sur le sol des locaux; on doit la prévenir autant que possible;

*C.* Le *fumier de bergerie* se rapproche du précédent au point de vue de la promptitude de la décomposition et de ses effets sur la végétation. Sans doute, les déjections solides des moutons ont plus de compacité que celles du cheval ; la cellulose et tous les éléments non digérés sont plus finement divisés et forment un agglomérat plus dense; mais elles sont moins aqueuses que la fiente du bétail à cornes et l'urine est aussi concentrée que celle du cheval. Associées à la paille, les déjections du mouton donnent un fumier léger ayant moins de tendance à s'agglomérer que celui des vaches. Le mouton absorbe beaucoup moins d'eau que le bétail ; en moyenne, dans l'alimentation au foin et à la paille, il ne prend que 2 kil. d'eau par kilogramme de matière sèche renfermée dans le fourrage ; souvent moins encore, notamment lors d'une ration exclusivement formée

de foin et de paille. C'est pourquoi le fumier frais de bergerie a une composition plus sèche; il contient, en moyenne, 30 à 35 p. c., celui du cheval 25 à 30 p. c. et le fumier frais du gros bétail 20 et jusqu'à 25 p. c. de matière sèche;

*D.* Le *fumier de porc* est très différemment apprécié par les cultivateurs ; sa composition varie, en effet, notablement suivant le régime des animaux producteurs. Les déjections solides ont plus de consistance que celles de la vache, et à la dessiccation, même partielle, elles se réduisent facilement en une masse friable. Le poids absolu du fumier livré par les porcs est ordinairement faible, parce que la nourriture consommée est d'une digestion facile. L'urine est aussi très aqueuse; elle est particulièrement d'une faible concentration lorsque l'alimentation consiste en pommes de terre, betteraves, petit-lait, eaux grasses et autres matières plus ou moins aqueuses ou même liquides, pauvres en azote. Lorsque, au contraire, l'engraissement du porc a lieu au moyen d'aliments concentrés, notamment de graines de légumineuses riches en azote et en acide phosphorique, de tourteaux, de drêches, etc., l'urine de cet animal est plus chargée de matières fertilisantes et le fumier tout aussi actif, souvent même supérieur, à cet égard, à celui des autres espèces. Au surplus, la litière abondante dont on fait ordinairement usage influe naturellement sur l'action de l'engrais recueilli dans les porcheries.

Influence du mode d'emploi et de traitement du fumier de ferme. — Il n'a été question, jusqu'ici, que du *fumier frais* d'étable. Ce n'est cependant qu'exceptionnellement que le fumier de ferme peut être sorti chaque jour des locaux pour être transporté directement sur les terres et y être répandu. L'emploi du fumier frais est, sans contredit, parfois très avantageux; ainsi, lorsque le sol est de nature argileuse et le climat froid et humide, il

peut être avantageux de provoquer l'ameublissement de la couche arable, sa dessiccation et son échauffement rapides, et le fumier frais satisfait à ces exigences. Si l'on réfléchit ensuite que le traitement des engrais en tas est souvent défectueux et les pertes dues à la fermentation considérables, on s'explique facilement l'augmentation de richesse et les résultats avantageux réalisés dans beaucoup d'exploitations par suite de l'emploi immédiat des engrais de ferme. Mais nous n'avons à considérer ici que le fumier judicieusement manipulé, c'est-à-dire celui qui, ayant subi une fermentation régulière, a été bien préparé et est d'une répartition uniforme facile ; son action dure trois ou quatre ans. C'est cet engrais, que l'on pourrait appeler normal, qui est le mieux approprié à la culture intensive et à tout traitement soigné du sol cultivé ; il mérite incontestablement la préférence sur le fumier frais et pailleux.

Dans la plupart des circonstances, le fumier d'étable est accumulé en tas dans les cours, à l'air libre, où il reste pendant deux ou trois mois, parfois plus longtemps, et le cultivateur doit veiller :

1° A lui conserver sa richesse originaire, c'est-à-dire toutes les matières alimentaires pour les végétaux qu'il renfermait et même, suivant les circonstances, augmenter sa puissance fécondante ;

2° A lui donner une composition aussi homogène que possible ;

3° A ne pas en réduire le volume ou le poids au delà de certaines limites.

Sous ce dernier rapport, nous devons rappeler que la réduction considérable qu'éprouve le volume primitif du fumier d'étable ne diminue pas seulement la propriété, que nous lui avons reconnue, d'échauffer et d'ameublir le sol : elle porte aussi un préjudice notable aux qualités

fertilisantes de la masse, renfermant alors moins de jus fertilisant et, conséquemment, une proportion inférieure des substances nutritives que cette humidité retient en dissolution, à moins toutefois que l'on n'y ajoute des matières terreuses, qui donnent à la masse le caractère de compost.

Ce n'est pas ici le lieu d'examiner le choix de l'emplacement et le mode de construction des plates-formes à fumier. Il va de soi que le sol doit en être imperméable et que les liquides abondants qui s'accumulent à la base des tas doivent pouvoir s'écouler facilement et sans perte dans des réservoirs étanches.

Les conditions, indiquées plus haut, déterminant les qualités que doit présenter le bon fumier de ferme ne sont remplies :

1° Que si les déjections liquides des animaux sont conservées dans les fumiers ou leur sont incorporées;

2° Que si la décomposition ou la fermentation s'opère très lentement et très régulièrement.

On doit attacher le plus grand prix à ce que le fumier forme, lors de son emploi, un *ensemble complet* au point de vue de sa richesse en éléments utiles et que les déjections liquides soient maintenues dans la masse. Dans la plupart des exploitations, en Allemagne, une partie des urines s'écoulent de l'étable dans une citerne ou dans un réservoir quelconque, tandis que les fumiers frais réunis en tas restent secs, sont privés d'arrosages et employés dans un état tel qu'ils pourraient encore absorber une grande quantité de liquides. Les citernes à purin doivent être construites de manière à permettre l'utilisation immédiate facile et fréquente, pour l'arrosage des tas, de l'urine fraîche qu'elles reçoivent. Ce n'est que par ce moyen qu'on obtient des fumiers renfermant la plus grande somme

possible d'éléments nutritifs essentiels et qu'ils sont constamment saturés d'une humidité qui les améliore ; le purin superflu qui s'écoule des tas peut être réuni dans un réservoir spécial. Il nous paraît qu'il doit toujours exister deux citernes distinctes, l'une alimentée directement par les urines qui s'écoulent des locaux d'habitation, l'autre destinée à recueillir le purin provenant de l'arrosage des tas. Le purin, après avoir filtré à travers les fumiers, a été dépouillé d'une partie des substances fixes utiles qu'il contenait. On peut admettre dans les calculs, d'après les analyses connues, que 1000 parties en poids de purin renferment :

| Substance sèche. | Sels minéraux. | Azote. | Potasse. | Chaux. | Magnésie. | Acide phospho-rique. | Acide sulfu-rique. | Acide silicique. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18,0 | 10,7 | 1,5 | 4,9 | 0,3 | 0,4 | 0,1 | 0,7 | 0,2 |

L'urine fraîche, à sa sortie de l'étable, accuse une teneur en éléments utiles bien supérieure. Ainsi, nous avons constaté, dans 1000 grammes de liquide recueilli dans le puisard d'une vacherie, 5,631 gr. d'azote à l'état d'ammoniaque, en outre 0,456 gr. d'azote en combinaison organique, 11,227 gr. de potasse et 0,222 gr. d'acide phosphorique.

On obtient une fermentation lente et régulière dans les tas en les maintenant constamment, à toutes les époques de l'année, dans un état de *fraîcheur uniforme*. Il importe aussi, sous ce rapport, de former les tas en accumulant les fumiers par couches générales successives, en mélangeant les fumiers des diverses espèces d'animaux et en tassant énergiquement la masse. Lorsqu'il s'agit de conserver en tas, sans mélange, pendant quelque temps, des fumiers d'une décomposition prompte, comme ceux des chevaux ou des moutons, il faut les tenir constamment

saturés d'humidité, au moyen de purin de vache ou, à défaut, par des arrosages à l'eau ordinaire. On prévient ainsi une fermentation trop rapide et les pertes d'éléments utiles.

Perte en poids et en volume dans les fumiers en préparation. — La diminution de poids et de volume qu'éprouvent les fumiers pendant le temps nécessaire (deux à trois mois) pour les amener à l'état uniforme désirable n'est pas très importante lorsque la fermentation a été lente et bien dirigée. Quand des arrosages fréquents, mais non surabondants, ont bien pénétré la masse, elle s'élève, en moyenne, de 16 à 20 p. c. ou d'un sixième jusqu'à un cinquième du poids et du volume du fumier frais. Il faut donc tenir compte de cette réduction lorsqu'on détermine le produit en fumier décomposé qui peut résulter de la consommation du fourrage.

La décomposition de la substance organique, et conséquemment la perte en poids du fumier d'étable, est particulièrement rapide dans les premiers temps; elle est beaucoup plus lente par la suite. On a constaté, à Pommritz, que du fumier frais (14240 kil. renfermant 2820 kil. de substance sèche), conservé sur plate-forme normale et dans des conditions ordinaires, a perdu, en poids, pendant les mois d'hiver :

| | En 6 semaines. | En 9 semaines. | En 12 semaines. | En 15 semaines. |
|---|---|---|---|---|
| Fumier ordinaire . . . . . | 6,36 p.c. | 12,80 p.c. | 18,26 p.c. | 19,86 p.c. |
| Substance sèche restant dans le fumier . . . . . | 16,76 » | 23,03 » | 25,42 » | 26,21 » |

La réduction de poids que nous venons de signaler pour le fumier d'étable conservé en tas pendant longtemps provient de la décomposition de la substance organique et de l'évaporation d'une certaine quantité d'eau. Une partie

de la matière végétale disparaît, forme de l'acide carbonique, de l'eau et de l'ammoniaque (acide nitrique), et la chaleur développée dans la masse provoque l'élimination de l'eau. La somme des matières minérales reste la même si l'on a soin d'éviter le lavage des fumiers. L'acide carbonique formé se dégage dans l'air, l'ammoniaque et l'acide nitrique qui naissent simultanément sont presque entièrement retenus; il en résulte que la quantité absolue d'azote existant avant l'entrée en fermentation diminue moins que celle du carbone, et, en définitive, le fumier renfermant une égale proportion d'eau avant et après la décomposition, sa richesse proportionnelle en matières minérales et en azote combiné est augmentée, mais il y a réduction de la substance organique. Si les éléments minéraux et l'azote étaient complètement conservés après la fermentation, et en admettant une perte en poids absolu d'un cinquième et une proportion constante de 75 p. c. d'eau, la composition relative du fumier préparé serait la suivante :

| | Substance sèche. | Matières minérales. | Azote. | Potasse. | Chaux. | Magnésie. | Acide phosphorique. | Acide sulfurique. | Acide silicique. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fumier frais . . | 25,0 | 3,81 | 0,39 | 0,45 | 0,49 | 0,12 | 0,18 | 0,10 | 0,85 |
| » mi-décomposé. | 25,0 | 4,76 | 0,49 | 0,56 | 0,61 | 0,15 | 0,23 | 0,23 | 1,08 |

La composition du fumier frais admise ici (comparez p. 112) est la moyenne déduite des analyses que nous possédons; on obtient souvent, lors de l'examen analytique de fumiers plus ou moins décomposés, une teneur plus grande en matières minérales, ce qui provient ordinairement de 2 à 3 p. c. de sable ou de corps terreux étrangers.

Moyens de prévenir les pertes en éléments utiles dans le fumier en préparation. — On admet habituellement qu'il n'y a à redouter aucune déperdition essentielle d'éléments utiles dans les tas d'une certaine importance

lorsque la décomposition a été modérée et que la fermentation a été dirigée avec soin. D'autre part, le fumier est plus approprié à sa destination, et son action est plus rapide et plus uniforme ; son pouvoir fertilisant originaire ne semble pas diminué. On peut cependant se demander s'il est possible d'empêcher toute perte d'azote ; en tout cas, il est certain qu'elle est très importante, particulièrement lorsque la fermentation est précipitée ou trop prolongée, et lorsque, le fumier ayant été exposé au contact de l'air et de la chaleur pendant six mois ou parfois pendant une année entière, le poids et le volume de la masse ont diminué de moitié ou davantage. Quand le fumier reste trop longtemps sans emploi, il y a, notamment dans les petits tas, une perte considérable en azote et en matières minérales, que l'on peut cependant mitiger par l'*addition de certains corps* ralentissant la fermentation ou possédant la propriété de fixer particulièrement l'ammoniaque, la potasse et l'acide phosphorique et de s'opposer soit à leur dégagement dans l'atmosphère, en ce qui concerne la première, soit, pour les trois corps, à l'influence pernicieuse des lavages par les pluies.

Il est extrêmement à conseiller à tout cultivateur se trouvant dans la nécessité de conserver les fumiers, soit dans les cours à l'air libre, soit dans les étables sous les pieds des animaux, pendant deux ou trois mois, de faire un usage fréquent de matières jouissant de ces propriétés. Le moyen le plus simple d'empêcher les déperditions consiste dans l'emploi de terre *argilo-sablonneuse ordinaire, riche en humus*. On la répand de temps à autre en couches minces sur les tas en voie de formation. On peut recourir, dans le même but, à la marne argileuse, à la tourbe pulvérisée, au plâtre en poudre et aux divers déchets des salines de Stassfurt.

Le plâtre et les matières indiquées en dernier lieu, employés dans la proportion, en poids, de 1 et, au maximum, de 2 p. c. de fumier, agissent souvent comme agents conservateurs au plus haut degré; ils ralentissent la décomposition de la matière organique et maintiennent, pour ainsi dire, l'engrais dans son état de richesse primitive. On ne saurait accorder trop d'attention à cet emploi et, assurément, même dans les contrées où le plâtre est à bas prix, on est loin d'en faire l'usage requis dans la conservation de l'engrais d'étable. Nous avons déjà recommandé l'emploi de ce corps dans les étables; l'épandage journalier, sur la litière fraîche, d'une petite quantité de gypse en poudre, notamment dans les bergeries et les écuries, est vivement à conseiller : ce corps fixe l'ammoniaque avec une grande énergie.

Dans beaucoup de contrées du nord de l'Allemagne, où ces substances s'obtiennent à faible prix, les déchets des mines de Stassfurt et les sels potassiques en général peuvent rendre les plus grands services pour améliorer et conserver le fumier; on les emploie seuls ou en mélange avec de la chaux (voir chapitre VI) sur les litières des étables ou sur les fumiers accumulés dans les cours. Au nombre de ces matières salines, il faut citer, comme particulièrement convenables, la kaïnite et la kieserite finement pulvérisées, que l'on répartit bien uniformément sur l'engrais; il en est de même de la carnallite (mélange de chlorure de potassium et de chlorure de magnésium). Les sels de magnésie qu'elles renferment, à l'état de chlorure et de sulfate, paraissent être ici d'une efficacité particulière. Toutefois, il importe que l'accès de l'air ne soit pas rendu impossible, sinon il y a facilement réduction des sulfates, surtout lorsqu'on fait usage de plâtre; on s'en aperçoit au dégagement d'un gaz d'une

odeur repoussante, l'hydrogène sulfuré. Dans les bergeries, où le fumier gît ordinairement pendant longtemps sous les pieds des animaux, l'emploi de ces corps, complété par un arrosage de l'engrais de temps à autre, répété au moyen de purin ou d'eau, est fort recommandable[1]. D'après les essais directs sur ce point, on peut se borner, en été, à employer, par tête de gros bétail ou par dix moutons, un quart de kil. de plâtre, un tiers de kil. de carnallite ou un cinquième de kil. de kaïnite ordinaire; des quantités plus faibles encore suffisent en hiver. Il est à observer que ces corps préviennent mieux les pertes en azote libre ou sous forme d'ammoniaque que la terre ordinaire, habituellement peu humeuse.

Récemment, on a conseillé et employé avec succès, dans le même but, le *plâtre superphosphaté* (déchet de fabrication obtenu dans le traitement des coprolithes et des phosphorites par l'acide sulfurique), ainsi que le *plâtre phosphaté*. Ces matières renferment des proportions variables d'acide phosphorique soluble dans l'eau, d'acide phosphorique insoluble et du plâtre[2]. Ils seraient à préférer à la kaïnite et il y aurait moins à redouter la formation de sulfure de calcium dans l'engrais et, consé-

---

(1) M. le directeur Crispo a montré en 1885, dans un mémoire de grand intérêt, que l'emploi du plâtre n'est rationnel que si les litières et le fumier sont entretenus dans un bon état d'humidité et de température. *(Note du traducteur.)*

(2) Des analyses faites à Hohenheim ont accusé dans un plâtre superphosphaté 5,2 p. c. d'acide phosphorique soluble et 2,2 p. c. d'acide phosphorique insoluble, dans un plâtre phosphaté 0,2 p. c. d'acide phosphorique soluble et 3,8 p. c. d'acide phosphorique insoluble dans l'eau, outre environ 40 p. c. de sulfate de chaux. Le plâtre phosphaté obtenu dans le traitement des phosphorites de la Lahn est ordinairement pauvre en acide phosphorique; sa teneur est de 2 à 3 p. c. d'acide phosphorique insoluble, mais néanmoins actif.

quemment, le dégagement d'hydrogène sulfuré par suite de la présence de l'acide phosphorique libre, que lorsqu'on fait usage du plâtre pur ordinaire. Les effets de ces divers corps, examinés à Pommritz, ont été les suivants : On a répandu en été sur les litières d'une vacherie, par jour et par tête de bétail, 1 kil. de chacune de ces matières; les litières étaient enlevées deux à quatre fois par jour. Dans ces conditions, le fumier conservé sur la plate-forme ordinaire pendant près de quatre mois (exactement quinze semaines) avait perdu par la fermentation, savoir :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Avec addition de plâtre phosphaté. | 17,24 | p. c. | de substance sèche. |
| » » de plâtre seul . . . | 21,46 | » | » » |
| Sans addition aucune. . . . . | 35,92 | » | » » |

Mais, fait plus important que le pouvoir conservateur de la matière organique exercé par ces corps, les pertes en azote ont été beaucoup plus faibles parce que l'ammoniaque se forme moins abondamment et que celle qui se forme est retenue. Ainsi, le fumier, d'ailleurs bien tassé et arrosé, mais non additionné d'agent conservateur, a perdu, en quatre mois, 22,2 p. c. de l'azote qu'il renfermait à sa sortie de l'étable, tandis que celui auquel on a ajouté, à la sortie du local de production, du plâtre superphosphaté, n'en a aliéné que 5,98 p. c. Et lorsque la quantité de plâtre superphosphaté s'est élevée à 3 p. c. du poids du fumier, l'azote a été complètement conservé à l'engrais.

Le plâtre superphosphaté maintient peut-être avec plus d'énergie encore dans les purins le carbonate d'ammoniaque, qui s'y trouve souvent en notable proportion. Ainsi, on a constaté à Pommritz que le purin (2916 kil.) provenant de l'étable lors du non-emploi de plâtre superphosphaté sur les litières et extrait de la citerne au bout de six semaines, avait perdu 69,86 p. c. de sa teneur originaire en azote, tandis que le purin recueilli pendant la période

d'emploi du plâtre superphosphaté n'avait perdu, après un temps égal, que 6,56 p. c. d'azote[1].

Litières diverses. — Le tableau que nous publions à la fin de ce manuel comprend différentes matières que le cultivateur substitue quelquefois à la paille-litière ou qu'il utilise concurremment avec elle. On peut constater, en examinant leur composition élémentaire, qu'elles sont généralement plus riches en azote que la paille, tandis que la proportion d'acide phosphorique est, en moyenne, la même et que la quantité de potasse, c'est-à-dire de cet élément dont l'importance se rapproche le plus de celle de l'acide phosphorique, est soumise à de grandes variations. Pour autant que l'on puisse en juger d'après les analyses que l'on possède, ce sont les fougères, le genêt épineux, les carex, les joncs et les plantes marines qui sont les plus riches en potasse.

Les *herbes marines* croissant dans la mer ou sur les rivages renferment généralement de notables quantités de cendres qui sont riches en soude; elles forment, pour les exploitations du littoral, une ressource précieuse et peu coûteuse, d'une efficacité signalée pour les terres et les prairies. Elles livrent une bonne litière et peuvent aussi être avantageusement introduites dans les composts ou mélangées aux fumiers en préparation; elles en augmentent la masse et la qualité.

---

(1) Le plâtre phosphaté est un déchet de fabrication qui s'obtient en grande quantité en Belgique. Voici la teneur moyenne de trois échantillons analysés à la station expérimentale de Gembloux :

| | |
|---|---|
| Acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate | 1,28 p. c. |
| » » » » dans l'acide chlorhydrique | 1,39 » |
| Sulfate de chaux hydraté | 63,81 » |

*(Note du traducteur.)*

La *litière des forêts,* spécialement les feuilles des arbres, est relativement pauvre en éléments nutritifs essentiels. Les feuilles caduques qui tombent en automne, par exemple celles du hêtre, du chêne, ne renferment que 2 à 3 kil. d'acide phosphorique et 1,5 à 3 kil. de potasse pour 1000 kil. de matière desséchée à l'air. D'après cela, 10000 kil. de feuilles sèches contiennent seulement autant d'acide phosphorique que 100 kil. de farine d'os et autant de potasse que 100 kil. de sel de Stassfurt dit trois fois concentré, matières que les cultivateurs du nord de l'Allemagne peuvent obtenir au prix de 17 fr. 50 c. à 20 francs les 100 kil. Les aiguilles des conifères, surtout lorsqu'elles ont séjourné en couche plus ou moins épaisse sur le sol des forêts, sont encore moins riches en corps utiles. Les conditions de sol et de climat modifient d'ailleurs cette teneur. La mousse fraîche, c'est-à-dire encore en végétation, renferme ordinairement un peu plus de potasse et d'acide phosphorique que les feuilles des arbres verts ou des arbres à feuilles caduques; elle contient, en moyenne, 1 p. c. d'azote.

En réalité, le cultivateur qui a recours à la litière des forêts la considère bien moins comme un engrais efficacement capable d'agir sur la fertilité du sol épuisé par l'exportation des produits agricoles, que comme un moyen de remplacer momentanément la paille insuffisante, c'est-à-dire d'absorber les déjections des animaux et d'en faciliter le maniement. Déjà, sous ce dernier rapport, le feuillage et la litière des forêts ne peuvent pas remplacer complètement la paille; en outre, lorsqu'on les emploie exclusivement ou en trop grande quantité, ils fournissent un fumier froid, d'une décomposition difficile, ayant de la propension à devenir acide; indépendamment de ces inconvénients, il est compact et s'agglomère. En somme, on ne

peut considérer ces matériaux que comme des expédients et comme des suppléments défectueux de la paille. Ajoutons encore que la faculté absorbante de la litière des forêts pour les purins est très faible, ce qui contribue encore à diminuer la richesse des engrais et à augmenter les dangers des déperditions de toute nature. On ne peut compter sur la production d'un bon fumier au moyen de la litière des forêts que si l'on associe simultanément au fumier une quantité suffisante de bonne terre humeuse et si l'on transforme ensuite la masse en compost. On obtient alors un mélange homogène, dans lequel la matière organique se décompose assez rapidement et régulièrement sans que l'on ait à craindre des pertes de matières nutritives.

L'emploi de la *terre* comme litière ou son association au fumier d'étable est encore, dans la plupart des cas, le moyen le plus pratique pour réduire à un minimum de volume toutes les autres matières, paille ou feuillage, dont on peut faire usage. Lorsqu'on utilise la terre dans ce but, on établit ordinairement derrière les animaux une rigole assez large, que l'on remplit de terre meuble destinée d'abord à absorber les urines. Une faible quantité de paille suffit alors pour litière et, chaque jour, de bonne heure, on la réunit, aussi longtemps qu'elle n'est pas trop humide, en avant des animaux, et on en opère l'épandage le soir. Quand la litière est trop humide et ne procure plus un couchage convenable, on la mélange aux déjections solides et à la terre saturée d'urine, et c'est dans cet état que le fumier est appliqué au sol. On renouvelle alors la terre et la paille. Des résultats analogues sont obtenus au moyen de la poussière de tourbe, de la tourbe ou de la terre humeuse que l'on rencontre accumulée en certains endroits des forêts et d'où l'on peut parfois l'enlever sans grand inconvénient. Ici encore, il est fortement à conseiller

de répandre journellement dans l'étable un peu de plâtre pulvérisé ou les sels potassiques mentionnés ci-dessus; on améliorera ainsi la composition de l'engrais, tout en augmentant son efficacité dans les champs et dans les prairies.

Il est maintenant hors de doute que l'enlèvement de la litière dans les forêts exerce une influence très nuisible à la croissance des arbres et que c'est seulement dans des cas exceptionnels, notamment lorsque le sol possède une grande fertilité, que l'on peut, sans porter atteinte au développement de toutes les essences, autoriser le râtelage. Le triste aspect d'un grand nombre de forêts soumises autrefois d'une façon désordonnée à cette spoliation fournit le plus sérieux avertissement pour l'avenir. Ce n'est pas seulement par les éléments utiles que l'on enlève à la végétation que le râtelage est nuisible et occasionne souvent une dégénérescence rapide des arbres de tout âge, mais bien plutôt par la dénudation du sol qui en résulte. L'absence d'une couche superficielle d'humus expose le sol à la dessiccation à l'époque des chaleurs et ralentit ou supprime même complètement l'action ameublissante de la désagrégation. C'est sur les points élevés, dans les contrées montagneuses, que la couverture du sol par une couche d'humus montre particulièrement ses grands effets sur le régime des eaux qui descendent des montagnes. On a vu manquer des plantations nouvelles lorsqu'elles succédaient à des coupes obtenues sur des terrains soumis au râtelage; parfois même, les essences feuillues qui réussissaient auparavant et se développaient avec vigueur ont dû céder la place aux arbres résineux à exigences moindres. On ne peut d'ailleurs pas allier l'enlèvement des feuilles, la pratique du râtelage, à une culture rationnelle des bois : qu'on laisse donc aux forêts ce qui leur appartient!

Au surplus, on a fréquemment exagéré l'importance de la litière des bois pour la fertilisation des terres; elle ne peut, par elle-même, enrichir beaucoup le sol et, même dans les circonstances les plus défavorables, elle n'est pas absolument indispensable pour liter les animaux, car on peut presque partout la remplacer avantageusement par d'autres matériaux.

La *litière de tourbe* a acquis depuis quelques années une réelle importance en agriculture. Il s'agit, tout d'abord, ici de la tourbe fibreuse, appelée aussi tourbe *blanche* ou tourbe *de mousse,* formant la couche supérieure des hautes tourbières occupant de vastes étendues dans le nord de l'Allemagne, où elle se présente parfois sur une épaisseur de 2 à 3 mètres. Elle y est travaillée industriellement, divisée et tamisée pour en expulser la poussière. On obtient ainsi une masse légère, meuble, fournissant aux animaux un couchage sain, doux, propre, sec et non poussiéreux. Cette litière de tourbe n'a guère été utilisée jusqu'ici que pour le cheval et notamment dans les villes, tandis que les cultivateurs n'en ont fait usage que dans les années à pénurie de paille; il n'est cependant pas douteux que, dans beaucoup de cas, la paille économisée par l'emploi de la litière de tourbe recevrait une utilisation meilleure en servant comme fourrage. Cela est surtout vrai pour les régions à terre sablonneuse; car, pour les terres froides, pauvres en calcaire, pour les sols humides et tenaces, l'engrais à la litière de tourbe est moins recommandable parce qu'elle augmente leur aptitude à retenir l'eau; il peut aussi déterminer une acidité fâcheuse dans les terres. La tourbe de mousse dont il s'agit ici est des plus pauvres en cendres et en azote. L'analyse a constaté, dans un échantillon de cette litière bien séchée à l'air (14,5 p. c. d'eau), 1,21 p. c. de cendres, 0,64 p. c. d'azote,

0,08 p. c. de potasse et 0,09 p. c. d'acide phosphorique, soit un tiers de plus d'azote, mais beaucoup moins de potasse et d'acide phosphorique que dans les pailles des céréales d'hiver. Citons aussi que la moyenne de huit analyses de tourbe légère du Holstein a accusé, avec 7,4 p. c. d'humidité, une teneur de 3,4 p. c. de cendres, 89 p. c. de substance organique et 0,95 p. c. d'azote, tandis que la moyenne de quatre tourbes lourdes a donné respectivement les chiffres suivants : 20,5, 73,7 et 1,52 p. c. Dans le premier cas, la substance organique dosait, en moyenne, 1,06, dans le dernier cas 2,07 et chez telle de ces tourbes elle renfermait jusqu'à 3,18 p. c. d'azote.

Une propriété essentielle de la bonne litière de tourbe, c'est-à-dire de celle qui est bien divisée, réside dans son grand pouvoir absorbant pour les liquides, dont elle prend sept à neuf fois son poids; pour la paille, même lorsqu'elle est hachée, ce pouvoir absorbant est de trois à quatre fois son poids, pour les feuilles de hêtre et de chêne deux fois et demie seulement. Il en résulte que les pertes de liquides sont moins à craindre lors de l'emploi de la tourbe et que les corps utiles de l'engrais sont mieux conservés que dans le fumier provenant des litières de paille. L'emploi de la tourbe-litière dans les écuries présente d'ailleurs d'autres avantages. Tout d'abord, il en faut sensiblement moins que de la paille; par jour, il suffit d'en employer 2,5 kil. par cheval, 3 kil. pour une bête bovine et environ 1/2 kil. pour un porc. Le volume du fumier produit est donc beaucoup moins grand qu'en faisant usage de la paille; deux chevaux livreront, dans le premier cas, 20 mètres cubes de fumier par an et, si l'on emploie la paille, 40 à 48 mètres cubes. Un autre avantage à signaler en faveur de la tourbe-litière, c'est qu'elle fixe les gaz répandus dans les écuries, notamment l'ammoniaque; l'odeur pénétrante

qui se répand rapidement dans les locaux d'habitation des chevaux est, pour ainsi dire, nulle si on ne laisse pas accumuler l'engrais pendant plus de huit à douze jours dans l'écurie. Le grand pouvoir absorbant de la tourbe-litière pour les gaz et pour les liquides en fait recommander fortement l'emploi dans les porcheries, ainsi que pour la désinfection et la solidification des matières auxquelles les latrines servent de réceptacle.

Épandage des fumiers de ferme. — Fumure en couverture. — Quel que soit son degré de décomposition, il importe, aussitôt que le fumier est arrivé sur le champ, de le *répandre immédiatement et le plus uniformément* possible sur toute l'étendue à laquelle il est destiné. Il n'est rien de plus nuisible à l'action et à l'utilisation complète de l'engrais de ferme que de le laisser, même pendant quelques jours, accumulé en petits monceaux, tel qu'il a été descendu des voitures. Ces inconvénients existent encore en hiver lorsque le sol est gelé; mais ils sont beaucoup plus graves en été et généralement dans les temps secs ou pluvieux. Lorsque le fumier forme ainsi des tas peu volumineux, il éprouve une décomposition rapide, et presque tous les éléments solubles, ainsi que ceux qui le deviennent dans la suite, sont absorbés avec avidité par la portion de terre où repose le tas. Une partie des corps volatils se disperse inévitablement dans l'air. On aperçoit alors, dans les champs, des endroits où la végétation est exubérante à cause de l'accumulation de nourriture végétale; les feuilles et la paille se développent avec opulence, et la verse, toujours nuisible à la formation du grain, arrive facilement aux dépens du reste du champ. Au surplus, les tas ne présentent bientôt qu'un amas de paille lessivée ayant perdu presque tout pouvoir fertilisant; la végétation reste souvent irrégulière en ces

points pendant plusieurs années et l'efficacité du fumier, pour la production des grains surtout, est notablement plus réduite que si on le répand uniformément sur le champ aussitôt qu'il a été déchargé des véhicules.

Lorsque l'épandage ne peut cependant avoir lieu immédiatement et qu'il faut le retarder parfois pendant quelques semaines, soit à cause de la grande quantité de neige recouvrant le sol, soit en raison de l'état d'humidité de celui-ci ou parce que la dernière récolte n'a pas encore abandonné complètement le champ, on ne peut pas laisser le fumier éparpillé sur le terrain en petits monceaux découverts. Il est alors préférable d'en former un tas unique, volumineux, reposant sur une couche de terre suffisamment épaisse; en outre, il faut avoir soin de garnir les côtés du tas, ainsi que la face supérieure, d'un revêtement protecteur en terre. Par ce procédé, on prévient toute déperdition et le fumier conserve son pouvoir fertilisant.

Généralement, on enfouit le fumier peu de temps après l'épandage. Il importe, en effet, de procéder à cette opération promptement pour obtenir de la fumure une action égale et soutenue pendant trois ou quatre années successives. Il n'y a évidemment pas lieu de redouter des pertes considérables de matières utiles lorsque le fumier est uniformément répandu à la surface du sol; mais alors la décomposition de la substance organique est plus rapide et le fumier profite surtout à la première récolte; la seconde et la troisième n'en éprouvent que de faibles effets. On comprend aussi que, la matière organique ayant disparu, l'action ameublissante du fumier cesse à peu près complètement; cette circonstance mérite de fixer l'attention lors de la fumure des terres argileuses et froides. Il est à peine nécessaire d'ajouter que, pendant les saisons froides, en automne et en hiver, la décomposition du fumier est très lente et qu'il

peut séjourner pendant longtemps, répandu sur les terres, sans éprouver de grand changement.

La *fumure en couverture* des jeunes semis, au moyen d'engrais de ferme répandu au printemps, ne peut être considérée que comme un expédient employé notamment pour enrichir des terres qui n'ont pu, avant l'ensemencement, être placées dans des conditions désirables de fertilité. L'efficacité de ces fumures est très prompte, parfois extraordinairement favorable; mais elle est tout à fait éphémère et ne s'étend guère au delà d'un an. Le cultivateur qui se trouve dans la situation bien rare de disposer d'un excédent de fumier ou qui met en mouvement, dans un court espace de temps, des quantités considérables d'engrais en consacre avantageusement une partie à la fumure en couverture de plantes qui ne redoutent pas la verse et dont les produits ne sont pas altérés par des engrais abondants, telles que le maïs, la betterave fourragère, peut-être le colza et d'autres plantes analogues. On peut aussi conseiller l'emploi des fumures en couverture lorsque le sol est meuble et riche en humus, lorsqu'il n'est pas nécessaire de se préoccuper de son amélioration au point de vue physique, ou bien quand il s'agit de conserver le plus longtemps possible, sous la couche de fumier, l'humidité de l'hiver, ou encore lorsqu'on veut protéger le semis contre les froids rigoureux. Mais la complète utilisation du fumier d'étable, son action uniforme et soutenue sur les récoltes pendant plusieurs années successives ne peuvent être réalisées que par l'enfouissement immédiat de l'engrais, par sa bonne répartition et son mélange intime à la couche arable; plus on doit être parcimonieux dans l'emploi de l'engrais et plus on doit s'attacher à procéder de cette façon et ne recourir qu'exceptionnellement aux fumures en couverture.

## CHAPITRE V.

### L'EXPLOITATION AU FUMIER DE FERME.

Dans le mode d'exploitation basé sur la production intérieure du fumier, nous supposons qu'*il n'y a pas d'achat direct d'engrais* et que le fumier produit dans l'exploitation est recueilli et traité d'une manière absolument judicieuse, de façon à prévenir toute perte essentielle des éléments nutritifs originaires. On comprend aussi que toutes les matières ou déchets se présentant dans l'exploitation et qui peuvent être utilisées sans occasionner de frais excessifs sont également employées à rétablir la fertilité du sol épuisé par les récoltes.

Une partie des produits récoltés est conduite au marché, ainsi que certains produits de l'élève ou de l'entretien du bétail. La proportion d'éléments soustraits au sol par les premiers, c'est-à-dire par les grains, les pommes de terre, la betterave à sucre, etc., livrés à l'exportation, est facilement déterminée au moyen du tableau final présentant la composition moyenne élémentaire en azote et en cendres des principaux produits agricoles. Il suffira de donner

comme exemples les chiffres suivants : 1000 kil. de substance sèche des produits ci-après renferment, en moyenne :

| | Azote. kil. | Cendre totale. kil. | Potasse. kil. | Chaux. kil. | Magnésie. kil. | Acide phosphorique. kil. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Grain de froment . | 20,8 | 16,8 | 5,2 | 0,5 | 2,0 | 7,9 |
| „ de seigle . . | 17,6 | 17,9 | 5,8 | 0,5 | 2,0 | 8,5 |
| „ d'orge . . . | 16,0 | 22,3 | 4,7 | 0,6 | 2,0 | 7,8 |
| „ d'avoine . . | 19,2 | 26,7 | 4,8 | 1,0 | 1,9 | 6,8 |
| „ de colza . . | 31,2 | 39,2 | 9,6 | 5,5 | 4,6 | 16,6 |
| „ de lin. . . . | 32,8 | 32,6 | 10,0 | 2,6 | 4,7 | 13,5 |
| „ de pois . . . | 35,8 | 23,4 | 10,1 | 1,1 | 1,9 | 8,4 |
| „ de féveroles. | 40,8 | 31,0 | 12,9 | 1,5 | 2,2 | 12,1 |
| Pomme de terre . . | 3,4 | 9,5 | 5,8 | 0,3 | 0,5 | 1,6 |
| Betterave à sucre . | 1,6 | 7,1 | 3,8 | 0,4 | 0,6 | 0,9 |
| Foin de prairie . . | 15,5 | 59,8 | 16,0 | 9,5 | 4,1 | 4,3 |

D'après ces données, le produit d'un hectare renfermerait :

| Pour un produit moyen de : | Azote. kil. | Cendre totale. kil. | Potasse. kil. | Chaux. kil. | Magnésie. kil. | Acide phosphorique. kil. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Froment d'hiver. . | 1680 | 34,9 | 28,4 | 8,8 | 0,8 | 3,6 | 13,2 |
| Seigle d'hiver. . . | 1500 | 26,4 | 26,8 | 8,8 | 0,8 | 3,2 | 12,8 |
| Orge . . . . . | 1800 | 30,8 | 40,4 | 8,4 | 1,2 | 3,6 | 14,0 |
| Avoine. . . . . | 1400 | 26,8 | 37,6 | 6,8 | 1,6 | 2,8 | 9,6 |
| Colza. . . . . | 1600 | 50,0 | 62,8 | 15,6 | 8,8 | 7,6 | 26,8 |
| Lin. . . . . | 1000 | 32,8 | 32,8 | 10,0 | 2,8 | 4,8 | 13,6 |
| Pois . . . . . | 1400 | 50,4 | 32,8 | 14,4 | 1,6 | 2,8 | 12,0 |
| Féveroles. . . . . | 1700 | 69,6 | 52,8 | 22,0 | 2,8 | 7,2 | 20,8 |
| Pomme de terre. | 12000 | 40,8 | 114,0 | 69,6 | 3,6 | 6,0 | 19,2 |
| Betterave à sucre . | 28000 | 44,8 | 198,8 | 106,4 | 11,2 | 16,8 | 25,2 |
| Foin de prairie . . | 4000 | 62,0 | 238,2 | 64,0 | 38,0 | 16,4 | 17,2 |

Parmi les produits du bétail, il y a surtout à considérer le lait, les animaux d'élève vendus, la laine et le fromage ; on peut négliger de tenir compte du beurre, qui est très pauvre en azote et en matières minérales. 1000 kil. des produits indiqués renferment, en moyenne :

| | Azote. kil. | Cendre totale. kil. | Potasse. kil. | Chaux. kil. | Magnésie. kil. | Acide phosphorique. kil. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lait . . . . . | 5,4 | 7,2 | 1,7 | 1,7 | 0,2 | 2,0 |
| Veau (animal vivant) . | 25,0 | 38,0 | 2,4 | 16,3 | 0,5 | 13,8 |
| Bœuf » . | 26,6 | 46,6 | 1,7 | 20,8 | 0,6 | 18,6 |
| Mouton » . | 22,4 | 31,7 | 1,5 | 13,2 | 0,4 | 12,3 |
| Porc » . | 20,0 | 21,6 | 1,8 | 9,2 | 0,4 | 8,8 |
| Fromage . . . . | 46,0 | 57,8 | 3,2 | 11,8 | 0,6 | 14,7 |
| Laine lavée . . . . | 94,4 | 9,8 | 1,9 | 2,4 | 0,6 | 1,8 |

Dans l'*engraissement,* on peut admettre, d'après les observations faites sur ce sujet, que 1000 kil. d'augmentation de poids chez les animaux adultes complètement développés possèdent la composition suivante :

| Azote. | Cendre totale. | Potasse. | Chaux. | Magnésie. | Acide phosphorique. |
|---|---|---|---|---|---|
| 11,6 | 2,9 | 1,2 | 0,1 | 0,1 | 1,3 |

Pour donner un aperçu de la *quantité d'éléments nutritifs minéraux qui sont enlevés à l'exploitation par la vente des produits végétaux et animaux*, nous admettrons, *comme limites extrêmes*, que, sur une ferme de 75 hectares en terres sous labour, on livre au marché le produit en grains de 30 hectares, soit des deux cinquièmes de l'étendue totale, comprenant 7 hectares 50 de froment, 8 hectares 75 de seigle, 6 hectares 25 d'orge, 5 hectares de colza et 2 hectares 50 de pois. Toute la paille, de même que le trèfle, la pomme de terre et les betteraves, restent à la ferme et servent à la consommation du bétail, c'est-à-dire que les éléments qui entrent dans leur formation retournent aux terres par les fumiers, à l'exception toutefois de ceux contenus dans le lait de vingt vaches, donnant annuellement par tête 2000 kil. ou litres de lait, et de ceux formant les tissus de quatre bœufs adultes de 600 kil. poids vif, élevés annuellement dans l'exploitation. En adoptant les chiffres ci-dessus, les exportations sont les suivantes :

| Kil. | Azote. | Cendre totale. | Potasse. | Chaux. | Magnésie. | Acide phospho-rique. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 12600 froment. . . . | 262 | 212 | 65,5 | 6,5 | 25,0 | 99,5 |
| 13125 seigle . . . . | 232 | 235 | 76,0 | 6,5 | 26,5 | 111,5 |
| 11250 orge . . . . | 180 | 251 | 53,0 | 7,0 | 22,5 | 88,0 |
| 8000 colza . . . . . | 250 | 313 | 77,0 | 44,0 | 37,0 | 133,0 |
| 3500 pois . . . . . | 125 | 82 | 35,5 | 4,0 | 6,5 | 29,5 |
| 40000 lait . . . . . | 216 | 288 | 68,0 | 68,0 | 8,0 | 80,0 |
| 2400 bétail vivant. | 64 | 112 | 4,0 | 50,0 | 1,5 | 4,45 |
| Somme . . . | 1329 | 1493 | 379,0 | 186,0 | 127,0 | 586,0 |

Cette exportation en matières minérales, répartie sur l'étendue culturale admise, représente par hectare :

| kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. |
|---|---|---|---|---|---|
| 17,7 | 19,9 | 5,05 | 2,48 | 1,69 | 7,8 |

Au nombre des éléments exportés figurent la *chaux* et la *magnésie;* cependant, il est à peine nécessaire d'en tenir compte parce que ces corps sont renfermés en proportion relativement faible dans les produits de vente ordinaires et qu'ils se présentent partout en quantité considérable dans la nature; la perte en chaux est d'ailleurs presque contre-balancée par l'apport dû aux boissons absorbées. Nous n'avons pas à examiner ici une question qui s'éloigne de notre sujet, à savoir : si, dans les conditions présentes, une application abondante et directe de chaux et de magnésie ne serait pas généralement favorable à la végétation.

Relativement à l'*azote,* il est incontestable qu'il remplit un rôle important dans la nutrition végétale, car ce n'est que lors de la présence dans le sol d'une proportion suffisante de combinaisons azotées qu'il est possible d'obtenir des cultures opulentes, notamment de riches récoltes en grains. Cependant, la pratique paraît établir que l'on peut suppléer à la perte d'azote qui a lieu par la vente des produits de la culture et du bétail, sans recourir à l'importation directe, mais seulement par un traitement intelligent du sol. Ainsi, il suffirait, par exemple, de consacrer chaque

année une certaine étendue à la culture de ces plantes que le praticien appelle peu épuisantes ou même améliorantes, et qui possèdent la faculté d'emprunter l'azote nécessaire à la formation de leurs organes, soit directement ou indirectement, à la provision inépuisable qu'offre l'air atmosphérique et aux couches profondes du sol. Nous citerons comme remplissant ces conditions les fourrages verts ou plantes à feuillage abondant, particulièrement les *légumineuses*. Ce n'est que dans le cas où l'étendue consacrée à la culture de ces fourrages est trop faible relativement à celle occupée par les céréales et les racines, qu'une exportation exagérée d'azote et peut-être de matières organiques productrices de l'humus, pourrait avoir lieu et exercer plus tard une influence visiblement fâcheuse sur l'ensemble des produits de la culture. Nous nous occuperons plus loin des engrais azotés concentrés, employés dans certains cas très avantageusement pour élever d'une manière rapide les rendements, surtout ceux des céréales et des cultures industrielles. Dans tous les cas, il n'est pas possible, lorsqu'on établit la *statique générale* de l'exportation due à la vente des produits divers de la ferme, de déterminer avec le même degré d'exactitude que pour les matières minérales, la proportion d'azote que l'on transporte au dehors.

Il reste donc essentiellement deux corps, la *potasse* et l'*acide phosphorique,* qui paraissent surtout déterminer, dans le système d'exploitation appuyé sur la production et la consommation des engrais de ferme, la chute progressive parfois observée dans les rendements moyens des récoltes. Dans les conditions de l'exemple cité plus haut, la quantité de potasse exportée annuellement s'élève, par hectare, à 5,05 kil. et celle d'acide phosphorique à près de 8 kil. Au premier abord, ces quantités paraissent très faibles, surtout si on les compare à celles existant

généralement dans le sol et qui s'y trouvent dans un état assez *facilement* soluble, puisque l'emploi d'un acide faible permet de les enlever. En effet, ces dernières quantités s'élèvent souvent, notamment pour l'acide phosphorique, à 0,1 et, pour la potasse, à 0,2 p. c. du poids de la terre séchée à l'air, ce qui équivaut, pour l'étendue d'un hectare et l'épaisseur d'un pied, à environ 6000 kil. d'acide phosphorique et à 12000 kil. de potasse, masse considérable proportionnellement à celle que l'on fournit au sol par les fumures ordinaires. En effet, une fumure de 40000 kil. de bon fumier modérément décomposé renferme, en moyenne, 260 kil. de potasse et, au maximum, 120 kil. d'acide phosphorique, et comme l'action de cette fumure s'étend ordinairement sur trois années, l'exportation totale d'acide phosphorique s'élèverait à 23,4 kil. ou 19,5 p. c. et, pour la potasse, à 15 kil. ou 5,8 p. c. de la quantité renfermée dans le fumier d'étable.

Mais cette quantité de matières nutritives minérales exportées par les produits livrés au marché atteint des proportions énormes si l'on considère un laps de temps plus long, une série d'années ou plusieurs siècles, et on ne peut révoquer en doute que la somme d'éléments existant originairement dans le sol de certaines exploitations a pu diminuer, surtout pour l'acide phosphorique, d'un cinquième et au delà. Cependant, dans la moyenne des circonstances, cette réduction sera très lente, parce que, dans le système de culture uniquement basé sur la production et la consommation des engrais d'étable, il faut compter avec les sources qui tendent sans cesse à réparer les pertes que le sol éprouve par la culture.

L'appauvrissement que provoque la vente des produits ordinaires agricoles, tels que les grains, le lait, le bétail gras, est moins à craindre pour la potasse que pour l'acide

phosphorique. En effet, la quantité de potasse absorbée existant dans les récoltes est d'abord plus faible; en outre, la somme totale de cet élément que renferme le sol naturel est plus élevée que celle de l'acide phosphorique. Ajoutons encore que, sous l'influence de la désagrégation, la potasse, entrant plus facilement en solution, est plus accessible aux plantes et que les végétaux à racines profondes, comme la betterave et le trèfle, en exploitant les ressources d'une couche de terre de quatre à cinq pieds de profondeur, en rapportent sans cesse à la ferme des quantités importantes. D'autres sources encore, dont il sera question plus loin, fournissent la potasse à la végétation en proportions plus considérables que l'acide phosphorique. Ce n'est que lors d'une vente considérable de pommes de terre et de betteraves, sans achat correspondant de résidus pour l'alimentation des animaux ou de déchets consacrés à la fumure des terres, surtout lorsque le sol est de nature sablonneuse, qu'un appauvrissement rapide en potasse soluble peut se manifester. On doit bien se rappeler d'ailleurs que l'étendue qui produit en un an 1000 kil. de grain peut livrer 10000 kil. de pommes de terre et jusqu'à 20000 kil. de betteraves à sucre, dont l'exportation soustrait au sol les proportions respectives de huit et quinze fois la quantité de potasse qu'enlève le grain obtenu sur une surface égale.

Dans l'exemple que nous avons choisi plus haut pour établir le bilan statique d'une culture ordinaire, nous avons admis qu'il n'y avait *absolument aucune restitution*, c'est-à-dire qu'il n'y avait aucun achat d'engrais extérieur, et que le cultivateur ne disposait que de terres arables. Mais cette situation se présente rarement. Généralement, une étendue variable de *prairies* est adjointe à la culture arable. Lorsque ces prairies sont situées, comme dans le nord et le centre de l'Allemagne, le long de fleuves qui

les inondent périodiquement ou dans des endroits frais ou irrigables, et qu'elles ne reçoivent point de fumier ou de purin, on comprend que, si l'on n'opère pas la vente du foin, les éléments minéraux de celui-ci passent en majeure partie dans les engrais de la ferme et profitent aux terres sous labour. Ainsi, par exemple, lorsque les prairies, irriguées ou non, rendent, en moyenne, par année 4000 kil. de foin et regain, on introduit à la ferme par hectare de pré, savoir :

| | |
|---|---|
| Azote | 62,0 kil. |
| Cendre totale | 239,2 » |
| Potasse | 64,0 » |
| Chaux | 38,0 » |
| Magnésie | 16,4 » |
| Acide phosphorique | 17,2 » |
| » sulfurique | 12,4 » |
| » silicique | 68,8 » |

Il en résulte qu'un hectare de prairie suffit pour restituer à environ 12,70 hectares $\left(\frac{64,0}{5,05}\right)$ de terres arables en culture la potasse qui est soustraite à ces dernières par la vente des produits, tandis que la même étendue de prairie ne peut mettre en circulation à la ferme que la proportion d'acide phosphorique exigée par 2,20 hectares $\left(\frac{17,2}{7,8}\right)$ de terres sous labour. Conséquemment, si, dans notre exemple, l'étendue cultivée de 75 hectares s'appuie sur 12,50 hectares de prairies n'exigeant pas de fumure pour se soutenir dans un état de production normal, quand bien même l'exportation du grain, du lait et du bétail aurait lieu sur une vaste échelle, il y aurait encore, en définitive, pour la potasse, un apport double de la proportion de cet élément que la vente livre au dehors, et, pour l'acide phosphorique, l'exportation finale, par hectare cultivé,

tomberait de 7,8 kil. à 4,96 kil., c'est-à-dire qu'elle serait réduite d'un tiers. Une restitution complète serait offerte par la présence de 34 hectares de prairies. Il va sans dire que, si les produits de prairies non fumées sont consommés à la ferme et que les éléments minéraux profitent à la culture arable, les champs éprouveront un enrichissement progressif en potasse, ou du moins la restitution de la potasse sera réclamée à un moindre degré que celle de l'acide phosphorique. L'accumulation de la potasse dans les terres sera d'autant plus prompte que la végétation des prés sera plus luxuriante. La restitution d'acide phosphorique et de potasse faite au profit des terres dans le cas du rendement indiqué plus haut est donc, pour ces deux éléments, dans le rapport de 2,2 à 12,7 ou presque exactement dans la proportion de 1 à 5,75.

Il faut remarquer, au surplus, que la potasse est particulièrement concentrée dans la couche arable proprement dite lors de la culture des légumineuses à racines profondes et, en général, lorsque la culture des plantes fourragères est étendue. La potasse que ces plantes recueillent en grande partie dans le sous-sol est ramenée dans la couche superficielle par les restes organiques, tels que racines, chaumes, feuilles, et par l'engrais d'étable; elle ne redescend que lentement dans les profondeurs. Sous un autre rapport encore, la conservation de la potasse est plus assurée que celle de l'acide phosphorique. On observe, en effet, que 1000 kil. de trèfle sec renferment, en moyenne, 18,6 kil. de potasse et seulement 5,6 kil. d'acide phosphorique, soit 3,3 fois plus de potasse que d'acide phosphorique. Dès lors, l'accumulation de celui-ci dans le sol, sous l'influence d'une culture étendue de trèfle, est beaucoup plus lente que

celle de la potasse et celle-ci se présente aux plantes succédant à la légumineuse dans un état beaucoup plus assimilable que l'acide phosphorique.

Mais ce rapport est complètement modifié si, comme c'est fréquemment le cas pour les prairies en coteaux du midi de l'Allemagne, il y a nécessité de leur appliquer du fumier ou des purins. Les terres arables, privées du concours fertilisant des gazons, sont alors, dans le système pur aux engrais produits, réduites davantage à leur richesse propre. La fumure des prés secs, à l'aide des fumiers de ferme, se justifie lorsque c'est le seul moyen d'en obtenir un rendement très rémunérateur et notamment un fourrage de qualité supérieure. Souvent alors, on cherche à suppléer à la perte d'engrais dont les terres souffriraient en les soumettant au parcage des moutons recueillant leur nourriture sur des pâtures étrangères, le long des chemins, etc. Il est élémentaire que le cultivateur, en pareils cas, doit étudier avec soin la question de savoir si le fumier produit doit retourner intégralement aux terres ou s'il est économiquement avantageux d'en appliquer une partie aux prairies. Ce point est trop souvent négligé dans la pratique. On peut établir en principe que le fumier de ferme est plus économiquement consacré aux terres, en d'autres termes que celles-ci en payent un prix plus élevé que les prés ; on ne doit donc fumer ceux-ci que lorsque les champs, par l'application des engrais produits, ont atteint un degré maximum de productivité et qu'ils peuvent être désormais privés sans inconvénient de fumures aussi fréquentes. Nous n'ignorons pas que l'existence d'un excédent superflu de fumier, au point de vue des terres cultivées, forme l'exception. Cependant il peut se présenter au moins d'une manière relative. Ainsi, à la suite d'une application pro-

longée du système basé sur la production et la consommation intérieure des engrais, il peut s'accumuler, dans les couches superficielles du sol, une proportion considérable de potasse active et d'humus riche en azote d'une décomposition rapide et dangereuse pour la verse; dans ces circonstances, il importe de recourir à des essais qui permettent d'apprécier si les conditions culturales ne seraient pas avantageusement modifiées par l'application de phosphates et le retrait partiel du fumier, la portion économisée étant alors réservée aux prairies.

Le fumier d'étable n'agit pas seulement d'une manière favorable par les éléments nutritifs qu'il apporte au sol, mais aussi indirectement en l'ameublissant et en facilitant l'action de l'air dans son épaisseur. Les prairies ne bénéficient point ou, du moins, ne profitent qu'à un degré très faible de cette influence indirecte parce que la fumure en couverture est seule possible. Il importe donc de n'appliquer aux prairies que des engrais bien divisés ou d'une dissolution prompte, afin qu'ils pénètrent rapidement dans les couches superficielles. C'est ce qu'on réalise au plus haut degré par les inondations, par les irrigations artificielles et par les composts bien préparés.

Remarquons aussi qu'il y a beaucoup d'éléments que les prairies ne réclament pas en aussi grande proportion que les terres. En effet, l'herbe est fauchée à l'état vert à une époque où les plantes n'ont pas enlevé au sol tous les matériaux nécessaires à la formation de la graine, comme c'est le cas chez les plantes récoltées à la maturité complète et qui, de plus, n'abandonnent au sol, par leurs résidus, qu'une faible somme d'éléments utiles. En outre, l'absorption des éléments atmosphériques par une surface constamment fraîche et engazonnée, la précipitation des rosées qui y amènent l'azote si nécessaire aux gazons,

sont pour les prairies des sources naturelles et inépuisables d'aliments. L'état de constante fraîcheur du sol de la prairie favorise peut-être aussi le phénomène de la désagrégation et fournit aux végétaux qui la garnissent une proportion plus considérable d'éléments puisés à la provision naturelle. Au surplus, la grande diversité d'aptitude des plantes qui forment le gazon, l'état feutré, extrêmement serré de ce dernier assurent l'utilisation immédiate de tous les éléments rendus assimilables et suppléent, jusqu'à un certain point, à la nécessité d'une grande accumulation de richesse ou de sa concentration dans le sol de la prairie.

Les *composts* constituent, à la fois, l'engrais le meilleur et le plus approprié aux prairies et le cultivateur doit recueillir et préparer avec soin toutes les matières propres à augmenter les quantités produites et leur valeur fertilisante. Par eux, on peut maintenir les prairies dans un bon état moyen de production, et on ne doit plus détourner des champs une somme d'engrais d'étable qui, parfois, peut assurer d'une manière durable le maintien de leur puissance productive. La cendre de toutes les matières combustibles, le bois, la tourbe, un grand nombre de corps et de déchets divers d'une accumulation facile, tels que la chaux, le plâtre, la marne, les feuilles sèches, les curures de fossés et d'étangs, les balayures des rues et des cours, les mauvaises herbes, les vidanges provenant en partie de la consommation de produits étrangers, en un mot, tous les déchets minéraux, végétaux et animaux et toutes les matières terreuses sont intimement mélangés et abandonnés à la décomposition. jusqu'à ce que la masse soit devenue meuble, pulvérulente et bien homogène. On n'en obtient d'ailleurs des effets complets et une utilisation parfaite que si la décomposition a été

achevée. On accélère celle-ci par l'addition de poussière de chaux, de débris de démolitions et des arrosages au purin ou à l'eau ordinaire. Des manipulations répétées produisent les mêmes résultats, tout en ameublissant la masse. Dans beaucoup de cas, on peut conseiller d'introduire de temps à autre dans le compost une certaine quantité de farine d'os ou des os grossièrement concassés, notamment s'il y a lieu de soupçonner, d'après la nature géologique du sol et le régime suivi jusque-là, que la terre est pauvre en acide phosphorique. L'expérience directe ou celle acquise dans la contrée peut d'ailleurs éclairer à cet égard. Il est aussi fréquemment très avantageux d'introduire l'acide phosphorique dans les eaux d'irrigation parce que toutes, quel que soit leur degré de richesse sous d'autres rapports, ne renferment généralement que des traces d'acide phosphorique. Au surplus, aucun cultivateur raisonnant ses opérations ne peut négliger d'établir, pour les prairies comme pour les champs, des essais destinés à lui indiquer si l'introduction des phosphates et des sels de potasse dans les composts peut élever avantageusement les produits des prés.

La composition élémentaire quantitative des éléments utiles des composts ne s'apprécie d'habitude qu'approximativement. Par contre, l'agriculture dispose d'un moyen excellent, et d'ailleurs presque partout mis en usage par les praticiens éclairés, pour améliorer les engrais produits et assurer une restitution complète au sol. Il consiste dans l'*achat de denrées de consommation*, dont le prix d'acquisition est parfois largement payé par les résultats de l'élevage des animaux, par l'engraissement ou par la production du lait, et qui livrent indirectement aux fumiers produits une somme plus ou moins importante d'éléments utiles à la végétation. De ce nombre sont surtout les sons,

les tourteaux de graines oléagineuses, les germes d'orge, la drêche et les résidus de la fabrication de l'amidon de froment, aliments riches en *azote* et en *acide phosphorique,* tandis que la pulpe de betteraves, les mélasses de sucrerie et les résidus de la fabrication de la fécule de pommes de terre ont, sous ce double rapport, une faible valeur nutritive. (Voir chapitre VI.) Ainsi, par exemple, 1000 kil. des fourrages indiqués renferment, en moyenne, dans l'état sous lequel on les emploie ordinairement :

| | Azote. | Cendres. | Potasse. | Chaux. | Magnésie. | Acide phosphorique. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. |
| Son de froment. . . | 22,4 | 53,5 | 15,3 | 1,5 | 9,0 | 26,9 |
| „ seigle. . . . | 23,2 | 71,9 | 19,4 | 2,1 | 11,4 | 34,4 |
| Tourteaux de colza. . | 50,5 | 57,0 | 13,0 | 7,1 | 7,3 | 20,0 |
| Germes d'orge . . . . | 36,8 | 67,6 | 20,8 | 1,9 | 1,9 | 18,2 |
| Drêche . . . . . | 7,8 | 10,6 | 0,4 | 1,5 | 1,1 | 3,9 |

Ce tableau montre que 200 kil. de sons ou 400 kil. de tourteaux de colza ou de germes d'orge livrent à l'exploitation presque autant d'acide phosphorique que l'on en soustrait, en moyenne, par année, à un hectare de terre, par une vente abondante de grain, de lait ou de bétail gras, lorsqu'il y a absence complète de prairies. Dans le cas de l'engraissement de 16 bœufs adultes cité plus haut (p. 108), achevé avec avantage en quatre mois, il a été importé par les déchets et les tourteaux 158 kil. d'acide phosphorique, quantité à peu près suffisante pour restituer au sol la proportion d'acide phosphorique exporté par la vente du grain obtenu en une année sur une étendue de 20 hectares.

Ces observations attestent que *le système de culture basé sur la production et la consommation des engrais d'étable* n'est pas toujours un régime spoliateur et que l'exportation des produits agricoles n'entraîne pas inévita-

blement un appauvrissement du sol en éléments nutritifs. Par l'achat au dehors de fourrages dont le bétail tire déjà parti, par le concours de prairies fertiles, on rend parfois au *sol arable* tout ce que la vente de produits divers lui a enlevé. Mais, tout d'abord, le cultivateur doit veiller à prévenir toutes les pertes possibles en matériaux utiles que présente l'exploitation même et, simultanément, ne pas perdre de vue la balance de l'exportation par les récoltes qui quittent la ferme et de l'importation par les fumiers rendus aux terres.

Néanmoins, dans la plupart des cas, le système d'exploitation par les engrais produits, qui a invariablement prédominé depuis des siècles, constitue un régime plus ou moins désastreux, entraînant une réduction de la masse d'éléments nutritifs végétaux accumulés dans le sol. *Fréquemment,* un tel régime détermine une diminution dans la moyenne des rendements. Même lorsque le calcul indique que le fumier d'étable n'opère pas une complète restitution, le cultivateur instruit peut mettre en œuvre les divers engrais dont on dispose aujourd'hui, en étudier attentivement les effets, procéder à des essais instructifs; en un mot, il ne peut jamais cesser ses observations pour s'en rapporter exclusivement aux indications du calcul et répandre sur ses terres, sans autre souci, les quantités d'acide phosphorique, de potasse, etc., qui découlent de ce calcul. Seul, le cultivateur négligent et qui n'est pas de son époque se laissera guider par de semblables déterminations, trop exclusives, dans l'espoir peut-être que, si les effets de la restitution n'apparaissent pas immédiatement et ne profitent pas à la génération actuelle, les enfants ou les petits-enfants en retireront le bénéfice.

Il existe une loi naturelle qui ne souffre aucune exception : c'est que la présence dans le sol d'une certaine

quantité de nourriture végétale appropriée et *assimilable* est impérieusement requise pour obtenir des plantes complètement développées et une bonne récolte; de plus, il est non moins bien constaté que la quantité, ainsi que la qualité des produits dépendent de l'élément alimentaire essentiel offert à l'absorption végétale, dans la proportion minimum, pendant la période de végétation. Si cet élément existant au minimum est, par exemple, l'acide phosphorique, un abaissement considérable se manifestera dans les produits récoltés si l'on ne répare pas complètement les pertes éprouvées en cet élément; c'est lui, en effet, qui fera le plus rapidement défaut. Si, au contraire, il y a accumulation d'un excédent d'acide phosphorique assimilable dans le sol, on peut l'exploiter, faire à son égard de la culture spoliatrice, jusqu'à épuisement de cet excédent; aussi longtemps qu'il en est ainsi, une importation exclusive d'acide phosphorique, c'est-à-dire sans augmentation simultanée de la proportion des autres éléments nutritifs indispensables, n'exercera aucune action rémunératrice pour le cultivateur.

Il est hors de doute que l'acide phosphorique possède, au point de vue agricole, une importance immense. Les nombreuses analyses de terres que nous possédons indiquent que la proportion de cet élément varie extrêmement dans le sol et que le résultat positif ou négatif que l'on observe lors de l'emploi des engrais phosphatés est en rapport avec le degré de richesse de la terre en acide phosphorique. Malgré la perfection imprimée aux méthodes d'analyse dans ces derniers temps, elles ne permettent pas de déterminer exactement la proportion d'acide phosphorique ou de tout autre élément utile qui peut passer du sol, dans le cours d'une année culturale, dans les tissus végétaux (voir p. 89); l'analyse ne peut fournir à cet

égard que des indications dont la valeur pratique doit être appréciée, dans toutes les circonstances, par des expériences directes et bien dirigées.

Il n'est donc pas douteux qu'un traitement irrationnel du sol a pour conséquence une réduction progressive des rendements moyens des récoltes; mais cette circonstance, assurément regrettable, n'est heureusement pas sans remède. Le cultivateur intelligent qui entreprend la culture de terres épuisées est en état, grâce aux moyens que la science et l'expérience mettent à sa disposition, de remédier efficacement au mal et de les ramener assez rapidement et économiquement à un degré de fertilité qui rendra leur exploitation lucrative. Les voies et moyens lui permettant d'atteindre ce résultat feront l'objet des chapitres suivants.

## CHAPITRE VI.

### LA FUMURE DES TERRES AVEC LE SECOURS DES RÉSIDUS ET DES DÉCHETS INDUSTRIELS.

Quand l'engrais principal obtenu à la ferme est traité avec soin et convenablement employé, le cultivateur dispose dans le fumier d'étable d'un moyen de rendre plus ou moins complètement au sol la puissance productive enlevée par les récoltes et souvent de le maintenir dans un état satisfaisant de fertilité. Pour cela, il importe d'éviter toute perte en éléments essentiels des déjections animales ou des litières; le fumier doit être protégé contre une décomposition trop forte de la substance organique, contre le lavage par les eaux de pluie, contre la pénétration dans le sol ou l'écoulement des liquides provenant des tas. De grandes dépenses sont nécessaires pour racheter, sous forme d'engrais concentrés, les éléments utiles dont un traitement négligé des fumiers de ferme détermine la disparition. On paye le kilogramme d'acide phosphorique des superphosphates de 40 à 55 centimes et celui des phosphates tribasiques de 10 à 22 centimes, la potasse de 45 à 52 centimes, l'azote ammoniacal ou nitrique de 1 fr. 30 c. à 1 fr. 60 c., l'azote organique de 60 centimes à 1 fr. 50 c.

dans les engrais industriels; des prix correspondants sont à attribuer aux mêmes éléments contenus dans le fumier d'étable.

Quand les produits des prairies sont entièrement utilisés à l'alimentation des animaux de la ferme où on les a obtenus, la plus grande partie de leurs éléments réparateurs passent dans le fumier et servent, dans la moyenne des circonstances, à restaurer la fertilité du sol arable. Déjà, de cette façon, il y a pour les terres sous labour une restitution presque complète en ces éléments nutritifs que l'on exporte par la vente ordinaire des grains, du lait et des animaux gras, à la condition toutefois, comme nous l'avons vu, que les prairies ne reçoivent pas de fumier et qu'elles restent en bon état de production, soit par l'irrigation naturelle ou artificielle, soit par des terreautages enrichissants ou par l'application de composts fertilisants.

Lorsque, en même temps, le travail mécanique des terres est exécuté avec soin, qu'elles sont tenues propres, que l'on approfondit peu à peu les labours si le terrain le permet et que l'on étend la culture des plantes fourragères et surtout de celles à grand développement radiculaire, lorsque, en un mot, par le concours de toutes ces conditions, on met en circulation une quantité croissante de nourriture végétale active, les rendements moyens des terres peuvent rester au même taux pendant longtemps.

Mais le cultivateur ne doit pas se borner à conserver la fertilité acquise ni à opérer une restitution complète des éléments enlevés. Il doit plutôt chercher à accumuler dans le sol une quantité progressive d'éléments nutritifs actifs, afin d'élever ses rendements et de le rendre de plus en plus propre à assurer la croissance de plantes fortes et parfaites. Sous ce rapport, on ne doit pas craindre de faire trop bien; sauf de très rares exceptions, toute terre arable

peut emmagasiner une très grande quantité d'aliments nutritifs et les mettre en valeur pour autant, si le sol est assez profondément labouré, que l'emploi des aliments introduits soit judicieux, qu'ils soient bien intimement et uniformément mélangés au sol et que l'on maintienne une rotation culturale appropriée.

Le praticien intelligent saisit avec empressement toutes les occasions qui lui sont offertes d'élever l'aptitude productive de ses terres par l'achat avantageux de matériaux nutritifs. A cette fin, le cultivateur moderne peut recourir à deux ordres de moyens. D'une part, les engrais concentrés du commerce, bien employés, lui permettent souvent de provoquer une augmentation rapide et surprenante des récoltes; il en sera question plus loin, ainsi que des engrais des villes. D'autre part, certains établissements, et spécialement les grandes industries agricoles, livrent des résidus et déchets de natures diverses pouvant servir, les uns à la fumure directe des terres, les autres comme aliments. Fréquemment, dans ce dernier cas, ils sont mis en œuvre par le bétail à un prix d'utilisation qui en rembourse la valeur et, par surcroît, la quantité de fumier produit est sensiblement augmentée, en même temps que sa teneur centésimale en corps actifs est notablement supérieure. On ne saurait estimer trop haut la possibilité d'une semblable intervention et nous la soumettrons à un examen spécial.

Les *déchets industriels* susceptibles de n'être utilisés que comme engrais doivent presque généralement être associés à d'autres corps et être soumis à une préparation en composts ayant pour but de les soumettre à une décomposition préalable et à une division susceptibles de hâter et d'assurer leur action. Cependant, les *cendres* des matériaux de chauffage peuvent être répandues directement

sur les terres et sur les prés, bien qu'il soit également préférable de les introduire dans les composts et de les employer, concurremment avec de la bonne terre humeuse, comme base de ces derniers mélanges.

La *cendre de bois* est la plus riche; elle renferme souvent, outre une grande quantité de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie, 6 à 10 p. c. de potasse et 2 à 5 p. c. d'acide phosphorique; celle des essences feuillues est ordinairement un peu plus riche que celle des conifères, de même que la cendre d'arbrisseaux et de jeunes rameaux accuse en ces éléments une teneur beaucoup plus élevée que celle du bois de fente. Il est rare cependant que l'on puisse s'en procurer de grandes quantités et à bas prix, attendu que certaines industries s'en emparent, notamment la fabrication des savons. Mais, même après leur emploi dans les savonneries, où on les a épuisées par l'eau, on recueille un résidu, qui n'est pas sans valeur, formé d'un mélange de carbonates et de phosphates terreux finement divisés et de petites quantités de sels alcalins. Les *cendres des savonneries* sont cependant un mélange de déchets divers d'une valeur agricole supérieure lorsqu'elles proviennent de cendres de bois, inférieure lorsqu'on travaille avec la soude. Aux éléments insolubles de la cendre s'associent fréquemment de la chaux employée à la préparation de la solution, ainsi que la cendre du combustible employé et une proportion plus ou moins importante de sel marin et de chlorure de potassium, suivant le procédé de fabrication. Lorsque les cendres de cette origine sont fort riches en sels très solubles, il faut se garder de les appliquer directement en fortes quantités aux terres, soit seules ou en mélange, sinon elles peuvent nuire à la végétation; leur introduction dans des composts abondants en matières humeuses est à conseiller.

La *cendre de tourbe,* spécialement celle *de houille* et celle *de charbon anthracite* sont de beaucoup inférieures comme engrais à la cendre de bois. Elles contiennent plus ou moins de carbonate et de sulfate de chaux, outre un peu de magnésie et des quantités insignifiantes d'alcalis et d'acide phosphorique. Leur action est surtout mécanique; elles divisent et réchauffent les terres tenaces; introduites dans les composts, elles absorbent les liquides d'arrosage. Toutes ces cendres doivent, avant l'emploi, être passées à la claie, afin de les débarrasser des scories et des pierres qui y sont mêlées. Ces matières minérales sont très avantageusement mises dans les composts renfermant beaucoup de substances organiques.

Le mélange des cendres du combustible employé et de la *poussière de chaux,* que l'on recueille en abondance notamment dans les fours à chaux et dans les fabriques de ciment, est aussi livré avec avantage aux terres et aux prairies, soit directement, soit en compost. Il en est de même de la *chaux des gazomètres;* toutefois, il est prudent de ne l'employer qu'après l'avoir exposée à l'air, en petits tas, pendant quelque temps, à moins qu'on ne l'introduise dans des composts terreux. Ces précautions sont particulièrement prescrites pour la chaux ou le plâtre des fabriques de soude, résidu caustique à l'état frais et nuisible à la végétation. Il faut obtenir ces déchets à très bas prix; souvent, d'ailleurs, ils sont gratuits ou ne coûtent que les frais d'enlèvement.

Les *déchets azotés* de diverses industries méritent plus d'attention. Le sang, les rognures de peaux, la viande insalubre d'animaux abattus, les déchets d'abattoirs, les rognures de cornes, les débris d'os et autres plus ou moins mêlés de matières terreuses sont ordinairement aujourd'hui consacrés à divers emplois et notamment à la préparation

d'engrais concentrés. Lorsqu'il y a lieu d'en obtenir à bas prix, on les introduit dans les composts. Il en est de même de *poissons* avariés et des *larves* de hannetons, qui renferment, à l'état frais, jusqu'à 3 p. c. d'azote et 0,5 p. c. d'acide phosphorique sur 30 p. c. de substance sèche.

Les *poussières de laine* sont des déchets provenant des fabriques de drap, de chapeaux, de feutres, de tapis, etc., travaillant les laines et les poils. Seul, l'azote, qu'elles contiennent dans la proportion de 2 à 6 p. c., leur donne de la valeur, car la potasse et l'acide phosphorique ne s'y présentent qu'en quantités insignifiantes. La poussière de laine est souvent imbibée de substances huileuses, qui, ralentissant sa décomposition, sont plutôt nuisibles qu'utiles; on hâte leur altération en les mélangeant à de la chaux, à des cendres, à du plâtre ou à des débris de démolitions tamisés. On traite fréquemment de la même façon les *chiffons de laine,* les *fragments de vieux feutre* et les *rognures de cuir;* leur traitement en compost est également recommandable, bien que les premiers soient fréquemment appliqués directement aux terres.

Les déchets de *colleries,* appelés tourteaux ou marcs de colle, sont un mélange de chaux, de fragments d'os et de matières animales facilement décomposables contenant, à l'état sec, de 1 à 3 p. c. d'azote; on les introduit dans des composts renfermant de la bonne terre et des matières humeuses. Dans certaines fabriques de colle, on traite les os et les cornes par l'acide chlorhydrique, ce qui donne une solution renfermant beaucoup de *phosphate de chaux.* On emploie très utilement cette solution acide à l'enrichissement de composts terreux. Il est cependant préférable de précipiter le phosphate de chaux en neutralisant la solution acide au moyen d'un lait de

chaux; on filtre, et le précipité est ensuite lavé et desséché à l'air. L'excellent engrais ainsi préparé est appliqué en cet état ou mélangé à de la terre et employé avec avantage, comme de la farine d'os, pour les céréales, les plantes-racines et le colza. Il faut remarquer que ce phosphate de chaux des colleries, même à l'état sec et pulvérulent, renferme souvent encore 30 à 40 p. c. d'eau, tandis qu'il n'y a que 50 p. c. de phosphate de chaux basique, soit 20 à 25 p. c. d'acide phosphorique.

On peut tirer des *tanneries* des déchets consistant en un mélange de poils et de chaux associés à de la terre, possédant une valeur fertilisante analogue à celle des marcs des colleries et à employer comme ces derniers. De même, la *tannée* ou tan épuisé, ainsi que les matières ligneuses épuisées des écorces et des bois de teinture, sont utilement traitées en composts. Ces corps ne contiennent, il est vrai, que de faibles quantités d'éléments nutritifs promptement utilisables par les plantes; mais ils divisent la masse, s'enrichissent en absorbant des corps utiles et, en se décomposant, fournissent un humus doux, d'une altération facile, accélérant ou même aidant l'action du mélange fertilisant.

Il faut chercher, dans la préparation de ces mélanges, à obtenir une masse meuble, d'une décomposition rendue facile par une proportion convenable d'humus azoté. Un compost pauvre en humus, restant en mottes agglomérées, est toujours d'un effet médiocre, même lorsqu'on y a incorporé beaucoup de phosphates et de sels alcalins. On peut fréquemment utiliser, comme corps formateur d'humus, la sciure de bois, les mauvaises herbes, du feuillage, des tiges de tabac, de pommes de terre, de topinambour, de houblon, des gazons, etc. La poussière de tourbe rend les mêmes services; certaines tourbes forment une

masse humeuse homogène renfermant 2 à 3 d'azote p. c. de substance sèche. En mélange avec de la chaux, des cendres, leur décomposition est souvent rapide et elles livrent en abondance de la nourriture azotée aux plantes. L'association des sels potassiques de Stassfurt aux mélanges suffisamment pourvus d'humus et de chaux est souvent suivie d'effets très marqués.

On sait que les composts doivent être maintenus dans un état moyen d'humidité; des arrosages au purin ou au moyen des liquides des latrines les enrichissent et accélèrent leur décomposition. Leur action fertilisante dépend surtout de leur richesse en substances organiques azotées. Indépendamment des matières diverses déjà signalées, susceptibles d'élever celle-ci, on peut aussi, pour l'augmenter, recourir aux tourteaux et aux germes d'orge avariés ou falsifiés, impropres à la consommation. D'autres tourteaux non alimentaires, tels que ceux de moutarde, de chanvre, etc., rendent les mêmes services; ils contiennent 4 à 5 p. c. d'azote, s'altèrent vite et, en même temps que les autres matières organiques participent à cette décomposition plus rapide, tous les éléments nutritifs de la masse deviennent plus rapidement solubles et conséquemment assimilables lors de l'application de l'engrais.

Les *écumes de défécation* des sucreries sont utiles par la chaux, l'acide phosphorique et l'azote qu'elles contiennent; c'est en compost qu'on les emploie le plus utilement. Quant aux *os* provenant de la cuisine, on les brise grossièrement, puis on les introduit dans les mélanges dont nous nous occupons. Fréquemment cependant, il serait plus rationnel de les vendre et de les remplacer par une égale quantité de farine d'os à employer directement ou encore en compost. Pour cet engrais particulièrement, il est urgent de n'en faire emploi que s'il est très divisé et bien uniformé-

ment répandu; ce n'est qu'ainsi qu'il exerce tous ses effets en trois ans.

Les *pépinières forestières* sont enrichies le plus utilement au moyen de bons composts. On prépare ceux-ci en forêt, à l'aide de gazons, de mousse, de feuilles, de fougères, etc. Il est élémentaire que l'addition de chaux ou de cendre est des plus efficace. L'incorporation soignée d'une certaine quantité d'engrais concentrés aux mélanges destinés à cet usage est d'un excellent effet.

Il n'est pas inutile d'insister un instant sur la fumure de ces pépinières. Les jeunes arbres et les arbustes réclament les mêmes éléments nutritifs que les plantes cultivées : les élevages dans des solutions nutritives ne laissent aucun doute à cet égard. L'acide phosphorique ne peut pas faire défaut dans le sol des pépinières; toutefois, la nourriture azotée et la potasse doivent prédominer. Jusqu'ici, c'est le guano qui a donné les meilleurs résultats, bien que les phosphates et les sels alcalins aient parfois été employés avec succès. Mais il importe d'éviter l'emploi de fortes quantités d'engrais, notamment lorsqu'il s'agit de sels de potasse, et de les mettre en contact avec les racines des plantes, sinon les jeunes sujets dessèchent et meurent. On prévient cet accident en associant ces engrais à de la terre humeuse de compost, dans la proportion, par hectare de pépinière, de 1000 kil. d'un mélange formé de 600 kil. de sulfate de potasse et de magnésie ou de kaïnite, de 200 kil. de superphosphate de chaux et de 200 kil. de guano dissous. On peut négliger ce dernier si la terre du compost renferme beaucoup d'humus meuble, facilement décomposable. On répand sur toute la surface ou entre les lignes de plantes une quantité aussi forte que possible de la terre du compost et, simultanément, les engrais concentrés; un binage soigné à la houe suit cet épandage.

Ces données sont entièrement applicables à la fumure des *vignobles* et des *houblonnières;* toutefois, il est utile ici de majorer la quantité d'acide phosphorique en associant au compost en préparation quelques quintaux de farine d'os. Ce n'est qu'après que celle-ci a subi l'action de la masse en décomposition que son utilité se manifeste promptement; ce n'est que peu de temps avant l'emploi que l'on ajoute les sels potassiques.

Les *déchets* d'industries utilisables à titre d'aliments offrent une importance plus grande que les matières précédentes. Les éléments nutritifs essentiels qu'ils contiennent passent, pour ainsi dire, entièrement dans le fumier quand les animaux sont soumis à un simple régime d'entretien, lorsqu'ils sont tenus pour le travail ou pour la laine et même lors de l'engraissement le plus intensif. Il en est différemment lorsqu'on vise la production du lait et lors de l'alimentation de jeune bétail en croissance; dans ces cas, environ un quart et même le tiers de la quantité totale de l'azote, ainsi que de l'acide phosphorique des fourrages est employé à la formation des produits et des tissus; mais alors encore une proportion s'élevant aux deux tiers et même aux trois quarts de la somme de ces éléments renfermés dans les aliments se retrouve dans l'engrais produit. Conséquemment, mieux les animaux sont nourris et plus le fumier obtenu est abondant et meilleur; sa qualité surtout est améliorée quand le régime est très azoté. Le cultivateur doit donc veiller, tout en tenant compte des autres circonstances à considérer, à nourrir son bétail au moyen d'aliments aussi azotés que possible; alors, en effet, non seulement la production de viande, de graisse, de lait et de force est particulièrement élevée et rémunératrice; mais, en même temps, la qualité de l'engrais est sensiblement supérieure, notamment quant à la teneur en azote et en acide phosphorique.

Au point de vue de la question du fumier et généralement aussi du but de l'alimentation, il faut accorder une valeur plus grande aux graines des légumineuses (féverole, vesce, pois, etc.) qu'aux graines des céréales ordinaires; d'autre part, la substance sèche des tourteaux, des sons, des drêches et des résidus de distilleries possède, sous le double rapport de l'alimentation et de l'engrais, une valeur supérieure à celle des pulpes de betteraves et des pommes de terre. Il importe d'autant plus d'observer ces différences que, fréquemment, dans le commerce, les aliments concentrés azotés ont un prix égal ou même inférieur aux grains et à d'autres denrées moins azotées; par suite, l'engrais recueilli dans le premier cas a une valeur supérieure, qui dépasse souvent la moitié du prix d'achat des aliments dont il provient.

Un tableau, inséré à la fin de ce volume, indique la richesse en éléments nutritifs végétaux des principaux produits des cultures, ainsi que la répartition de ces éléments entre les produits et les résidus. Il peut servir à calculer la somme de nourriture végétale que l'on exporte de l'exploitation par la vente des grains, des betteraves, des pommes de terre, etc., et de quelle façon il est possible de contre-balancer cette exportation par l'achat d'aliments. Quelques indications complémentaires relatives à cet objet trouveront utilement place ici.

Tourteaux de graines oléagineuses. — Le travail des semences oléagineuses, la graine de colza, de lin, etc., leur enlève seulement l'huile, c'est-à-dire une substance privée d'azote et de matières minérales et sans valeur pour la nutrition des plantes. Presque tout ce qui peut contribuer à celle-ci, soit directement, soit indirectement, reste dans les *tourteaux;* il suffit de racheter, en tourteaux à faire consommer, les deux tiers du poids des graines

vendues pour opérer une restitution suffisante en agents alimentaires végétaux. Les tourteaux de graines exotiques, tels que tourteaux de coton, de sésame, d'arachide, de palme, de grand-soleil, etc., sont également des aliments intensifs par lesquels on peut enrichir les engrais d'étable de quantités importantes d'azote, de potasse et d'acide phosphorique.

Drèche et germes d'orge. — Ces déchets de brasserie renferment environ les deux tiers de l'azote et de l'acide phosphorique existant dans l'orge travaillée. Par l'achat de 1500 kil. de drêche fraîche et de 45 à 55 kil. de germes de malt réunis, on importe une quantité d'azote et d'acide phosphorique égale à celle renfermée dans 1000 kil. d'orge vendue. Dans ces conditions, la quantité de potasse n'est guère que la moitié de celle contenue dans le grain exporté; mais, ainsi que nous l'avons vu (p. 143), l'introduction de la potasse n'offre pas, en général, autant d'importance pour la culture intensive qu'une restitution complète ou très généreuse d'acide phosphorique.

Résidus des distilleries. — C'est lorsque les produits des cultures, tels que le seigle et d'autres grains ou la pomme de terre, sont distillés à la ferme, que les éléments originaires du sol font le plus complètement retour aux terres, pour autant que les résidus ne soient pas vendus. En effet, tous les éléments minéraux se représentent dans les déchets, augmentés éventuellement de ceux contenus dans les matières premières achetées et travaillées concurremment avec celles livrées par les terres. Dans ces conditions, la distillation permet de conserver ou même d'élever la fertilité du sol; de plus, les résidus de la pomme de terre et particulièrement ceux provenant de la distillation des grains constituent, bien employés,

d'excellents aliments permettant, en outre, de tirer un parti avantageux d'autres substances, notamment les pailles et les balles, dans l'alimentation des vaches laitières et des animaux à l'engrais. La distillation présente surtout des avantages considérables au point de vue agricole si le sol, étant sablonneux, permet une culture étendue de la pomme de terre. Cette culture prospère dans un tel milieu et l'on récolte des tubercules riches en amidon; la restitution est alors des plus favorable et les rendements restent élevés. L'achat au dehors d'une partie de la matière première, s'il n'y a pas de vente de résidus, élève naturellement la réimportation en éléments nutritifs dans une mesure correspondante.

Résidus des féculeries. — La masse fibreuse recueillie comme résidu dans les féculeries de pommes de terre est un aliment pauvre en azote. On peut cependant l'employer avantageusement à la nourriture du bétail en donnant, en même temps, une quantité suffisante d'aliments azotés, tels que des tourteaux, des sons, etc. Quant aux éléments nutritifs solubles de la pulpe, ils existent dans l'eau de lavage dans un état de dilution qui en interdit le transport au loin. On ne peut guère l'employer qu'en arrosage des composts ou à l'irrigation de prairies.

Les résidus des amidonneries de froment sont sensiblement plus riches; le gluten obtenu, recueilli en fragments, est utilisable à l'alimentation des porcs.

Sons. — Ils renferment environ 14 p. c. de la substance séchée à l'air contenue dans le grain de froment ou de seigle dont ils proviennent. Ils constituent un bon aliment, d'une teneur en potasse et en acide phosphorique presque égale à la moitié de ces corps existant dans le grain entier, tandis qu'il n'y a qu'un quart à un cinquième de l'azote originaire. Les sons d'avoine, d'orge, de sarrasin

et d'autres grains à enveloppe fibreuse sont de faible valeur.

Pulpes de sucreries. — La culture de la betterave pour l'approvisionnement des sucreries enlève au sol des quantités considérables de potasse et d'acide phosphorique, et il est difficile de compenser entièrement, par l'achat de pulpes, les prélèvements qu'il subit. En admettant que la betterave contienne 30 p. c. de matière sèche, on obtient environ une quantité de pulpe représentant 15 p. c. du poids des betteraves ne renfermant que la cinquième ou la sixième partie de la potasse et de l'acide phosphorique des racines. Environ la moitié de tout l'acide phosphorique et une proportion très faible de potasse passent dans les écumes de défécation, que l'on doit donc recueillir avec soin et préparer en composts. La plus grande partie de la potasse reste dans les mélasses et est ordinairement perdue pour le domaine fournisseur, à moins qu'elles ne soient distillées ou employées en quantité suffisante à l'alimentation des animaux. La déperdition en potasse peut s'élever, par hectare de betteraves, à 100 kil. et au delà et, tôt ou tard, elle marquera ses effets dans une réduction des rendements. Sans doute, la « fatigue des terres », pour la betterave, n'est que partiellement la conséquence de l'épuisement en potasse, aggravé par cette circonstance, que ce corps atteint difficilement les couches profondes. Néanmoins, il importe, dans une culture intensive de betteraves, d'appliquer aux terres, outre le fumier d'étable, des déchets riches en potasse ou généralement des engrais qui, comme les sels de Stassfurt, la renferment en grande proportion. Il y a, pour ces derniers, quelques règles d'emploi à observer, dont il sera question plus loin.

## CHAPITRE VII.

### L'ENGRAIS HUMAIN, SON TRAITEMENT ET SON EMPLOI EN AGRICULTURE.

Les produits des terres et du bétail sont livrés en quantités énormes aux villes et il n'a pas manqué de voix pour signaler que les pouvoirs publics y laissent perdre, au préjudice des campagnes, la plus grande partie des matières fertilisantes produites. Il est cependant incontestable que, si l'on réussissait à recueillir tous les engrais des villes et à les livrer sous une forme convenable et à bas prix à l'agriculture, on pourrait non seulement assurer le maintien de la production dans les conditions actuelles, mais l'élever sensiblement dans beaucoup de situations.

Jusque dans ces derniers temps, de grandes difficultés existaient relativement à la collecte et aux manipulations de ces résidus ; elles semblent diminuer d'importance et l'on a plus de confiance dans une solution pratique. Les intérêts hygiéniques des grandes agglomérations, de même que les intérêts de la fertilité des campagnes sont ici dans une solidarité évidente, c'est-à-dire que des prescriptions d'un ordre général et supérieur appellent la mise en œuvre

de tous les moyens susceptibles de mettre un terme à des pertes extrêmement dommageables. Il n'est donc pas inutile, croyons-nous, de soumettre ces moyens à un examen sommaire, considéré surtout au point de vue agricole.

Tout d'abord, il s'agit, relativement aux villes, de l'éloignement des *matières fécales* ou du contenu des latrines.

De nombreux travaux montrent qu'une personne (adultes et enfants confondus) livre, en moyenne, par an, en déjections :

| | Poids à l'état frais. | Matière sèche. | Substances minérales. | Azote. | Acide phosphorique. | Potasse. | Chlorure de sodium. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. |
| Déjections solides. . . | 48,50 | 11,00 | 1,65 | 0,75 | 0,50 | 0,25 | 0,15 |
| Urine. . . . | 422,00 | 19,80 | 4,85 | 4,00 | 0,85 | 0,75 | 3,00 |
| Total en kil. | 470,50 | 30,80 | 6,50 | 4,75 | 1,35 | 1,00 | 3,15 |
| Soit p. c. de substance fraîche. . . | 100,00 | 6,54 | 1,38 | 1,01 | 0,29 | 0,21 | 0,67 |
| et p. c. de substance sèche. | » | 100,00 | 21,10 | 15,40 | 4,40 | 3,30 | 10,20 |

Cette composition est celle du mélange recueilli par le système des cuvettes ou tonnes, tout au moins quant à la teneur en acide phosphorique et en alcalis, tandis que le taux en azote est souvent beaucoup inférieur lorsqu'il n'est pas opéré une désinfection convenable. Beaucoup d'analyses faites à Augsbourg ont établi que le contenu des tonnes accusait 92 à 95 p. c. d'eau, 0,4 à 0,8 p. c. d'azote, 0,15 à 0,30 p. c. d'acide phosphorique et 0,15 à 0,30 p. c. de potasse.

Le contenu résiduaire des fosses, formé par l'accumulation pendant des mois et parfois durant des années, offre une composition toute différente. Les eaux de lavage et autres l'ont dilué et il y a un appauvrissement sensible en azote, dû aux infiltrations, ainsi qu'à une fermentation

donnant lieu à des dégagements des produits de la décomposition. L'analyse, faite à Hohenheim, du contenu du grand collecteur des matières fécales de Stuttgart, a donné les résultats suivants :

| | | Substance sèche. | Matières minérales. | Azote. | Acide phosphorique. | Potasse. | Chlorure de sodium. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1874. | Résidus frais p. c. | 2,62 | 1,11 | 0,43 | 0,19 | 0,21 | 0,47 |
| » | » secs » | 1,00 | 42,40 | 16,40 | 7,20 | 8,00 | 17,80 |
| 1884. | » frais » | 2,63 | 1,10 | 0,46 | 0,14 | 0,20 | ? |
| » | » secs » | 1,00 | 41,90 | 17,60 | 5,20 | 7,60 | ? |

La substance sèche renfermait donc une quantité de cendres double de celle accusée par le mélange des excréments frais donné ci-dessus ; la teneur centésimale en azote était un peu supérieure, tandis que celle en acide phosphorique est à peine de moitié plus élevée ; mais il y a augmentation en alcalis, ce qui dépend vraisemblablement de l'intervention de cendres, d'eaux de lavage, etc. Les six septièmes de l'azote existant se présentent sous forme d'ammoniaque et un septième seulement en combinaison organique, ce qui indique que la matière organique a subi une décomposition très avancée. Dans d'autres cas, en des endroits divers, le degré de concentration du contenu des égouts était beaucoup plus grand. Ainsi, par exemple, lorsque la matière était de consistance boueuse, la teneur en substance sèche totale était, en moyenne, de 6,5 p. c. ; et on observait les écarts suivants pour les principaux éléments constituants : matières minérales, de 0,78 à 3,11 p. c. ; azote, de 0,237 à 0,84 p. c. ; acide phosphorique, de 0,051 à 0,60 p. c. ; potasse, de 0,14 à 0,225 p. c. ; eau, de 90,89 à 97,38 p. c. En volume, la production recueillie dans le système des tonnes est de 5 hectolitres, soit un demi-mètre cube de mélange par an et par tête de la population totale.

En opérant au moyen des prix courants de l'azote, de

l'acide phosphorique et de la potasse dans les engrais concentrés du commerce, la valeur-argent de 5 hectolitres du mélange frais varierait de 12 fr. 50 c. à 13 fr. 75 c., celle du produit ancien des latrines oscillerait de 2 fr. 46 c. à 13 fr. 41 c.; d'après une moyenne de treize analyses, elle serait de 8 francs. Faisons toutefois ces réserves, que, dans les derniers temps, les prix de l'azote et de l'acide phosphorique ont éprouvé une baisse sensible et que, d'ailleurs, dans l'état où ces produits se présentent, abstraction faite des frais de transport, les deux éléments principaux ne peuvent être cotés dans ces matières qu'à la moitié du prix auquel on facture ces éléments dans des engrais concentrés bien pulvérisés et d'une composition homogène.

La *désinfection* de ces matières, d'ailleurs fréquemment prescrite comme mesure de police sanitaire, a des effets divers. Elle a pour but de ralentir la décomposition et, en même temps, en fixant l'ammoniaque, de prévenir un appauvrissement en cet important élément. Simultanément, elle empêche l'émission d'odeurs repoussantes et l'on détruit ou annihile des organismes inférieurs (bactéries et champignons), véhicules d'affections dangereuses pour les hommes et pour les animaux. L'agent le plus communément employé à la désinfection des latrines et des excréments humains est le *sulfate de fer,* qui supprime toute odeur désagréable et fixe l'ammoniaque, ainsi que l'hydrogène sulfuré; dans ce but, il suffit souvent de verser dans les réservoirs, peu de temps avant leur vidange, une solution dans l'eau de quelques kilogrammes de sulfate de fer que l'on mélange à la masse. Pour éviter aussi tout dégagement odorant pendant l'accumulation des matières et protéger celles-ci contre une décomposition ammoniacale trop rapide, il est nécessaire d'employer

le sulfate tous les jours; il suffit, pour cela, de dissoudre chaque fois, pour une famille de quatre personnes, 100 grammes de vitriol de fer dans un litre d'eau, ce qui représente, par an et par personne, 9 kil. de sulfate de fer, coûtant environ 75 centimes.

L'*acide phénique* est, à cause de ses propriétés antiputrides remarquables, beaucoup plus efficace que le précédent. Une solution aqueuse renfermant 1 p. c. d'acide phénique tue les micro-organismes. Des quantités très faibles de cet agent désinfectent les matières fécales et empêchent leur décomposition; un demi-litre d'une dissolution phéniquée obtenue en employant, sur 1 partie d'acide phénique brut (à 60 p. c.) 20 parties d'eau, suffit pour traiter les évacuations journalières d'une famille de huit personnes, ce qui représente une dépense, par personne et par an, d'environ 80 centimes. D'autres agents désinfectants, tels que le chlorure de chaux, le vinaigre de bois, l'acide sulfureux, le permanganate de potasse, etc., ne sont pas en situation dans le traitement des produits des latrines.

On emploie habituellement ensemble l'acide phénique et le sulfate de fer et l'on a souvent discuté la question des effets nuisibles que l'usage de l'engrais peut alors exercer. Et, en effet, la germination des graines et la croissance des plantes peuvent souffrir du contact d'engrais ainsi préparés. On a observé, par exemple, que l'immersion de la graine de féverole dans une solution phéniquée à 0,025 p. c. de concentration ralentit la germination et que celle-ci est même partiellement empêchée à 0,05 p. c. de concentration; qu'un petit nombre de graines germent dans une solution de 0,10 p. c. d'acide, et que, au degré de concentration de 0,15 p. c., il n'y a plus de germination. Déjà une très faible solution de ce corps nuit d'une façon marquée à la germination du froment et au développement

ultérieur de la jeune plante. La dose indiquée plus haut n'est cependant pas de nature à nuire, surtout si l'engrais est appliqué au sol longtemps avant la semaille et si, dans l'intervalle, il survient des pluies qui le diluent, d'autant moins que l'acide phénique est très peu retenu par les particules terreuses. Dans ces conditions, lorsque, par exemple, l'épandage de l'engrais a lieu quinze jours avant le semis et que des pluies viennent le disséminer, on a vu les jeunes plantes d'orge se développer très régulièrement, ne montrer aucune souffrance comparativement aux semis de parcelles voisines, fumées différemment, quoique les premières eussent reçu de l'engrais humain traité avec une quantité d'acide phénique double de celle indiquée ci-dessus. Il faut surtout être prudent lors de l'emploi en couverture des engrais phéniqués. L'incorporation à des composts d'engrais traités à l'acide phénique écarte tout danger, de même que leur épandage avant l'hiver est une mesure de précaution tout indiquée.

Depuis quelque temps, on utilise, dans certaines villes, entre autres à Brunswick, à Hanovre, à Oldenbourg, la *Torfmull* ou *poussière de tourbe* comme désinfectant des latrines. On la recueille comme déchet dans la fabrication de la litière de tourbe, dont il a été question plus haut (p. 132); on l'emploie, soit seule et en la jetant simplement dans les citernes, soit en la mélangeant à de la litière pulvérulente de tourbe. Par là, on transforme la masse traitée en une matière inodore, très divisée. Le pouvoir fixateur de cette poussière est tel, qu'elle absorbe sept à neuf fois son poids de liquide; elle retient, en outre, une proportion d'ammoniaque pouvant atteindre à l'état sec, d'après les observations faites à Pommritz, 1,83 p. c. En admettant des émissions s'élevant, par tête et par jour, à 1,330 kil. (renfermant 1,240 kil. d'eau), il ne faudrait,

par an, pour l'absorption des liquides, qu'environ 56 kil. de poussière de tourbe; à Brunswick, cette quantité est de 55 kil. Pour fixer toute l'ammoniaque de l'urine, etc., (12,1 grammes d'azote = 14,7 grammes d'ammoniaque par jour), on ajoute à la poussière de tourbe un agent absorbant convenable, comme la kaïnite, le sulfate de fer, le plâtre et notamment le plâtre superphosphaté (p. 126), dont le prix est très peu élevé. L'engrais obtenu par ce moyen renfermerait, en moyenne, suivant les analyses qui ont eu lieu à Brunswick, à Hildesheim et à Pommritz, savoir :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Eau | 79,46 | à 87,97 | p. c. |
| Substance organique | 10,85 | » 17,47 | » |
| Cendre | 1,18 | » 2,30 | » |
| Azote | 0,41 | » 0,78 | » |
| Acide phosphorique | 0,18 | » 0,26 | » |
| Potasse | 0,21 | » 0,28 | » |

Il est du plus haut intérêt pour l'hygiène des villes d'éloigner rapidement et complètement, en leur donnant une innocuité aussi parfaite que possible, les matières fécales, tous les immondices des rues et les eaux météoriques. Nous rencontrerons brièvement les systèmes en usage, en les considérant surtout au point de vue des intérêts de l'agriculture.

Le système du « tout a l'égout ». — Le système le plus simple d'assurer la propreté des villes est celui qui a été employé à Londres et ailleurs en Angleterre et appliqué, sur une échelle plus ou moins étendue, dans quelques villes, notamment à Paris, à Hambourg, à Francfort-sur-Mein, à Berlin, à Breslau, à Dantzig, etc., sur une certaine surface de terrains à irriguer. Une canalisation souterraine sert à l'écoulement rapide de tous les immondices à évacuer, noyés dans beaucoup d'eau. Il n'est applicable que si l'on dispose d'eau en quantité suffisante; celle-ci varie

de 150 jusqu'à 1000 litres par habitant et par jour. En moyenne, on peut admettre que, dans le « tout à l'égout », la canalisation évacue journellement par habitant 0,186 à 0,216 mètre cube, représentant, par an et par 1000 habitants, un volume de 73000 mètres cubes.

Le produit des égouts est donc extrêmement dilué; les corps utiles y sont, en partie dissous, en partie tenus en suspension, et ce en proportions très variables. Les eaux-vannes de Berlin sont, d'après M. A. Muller, une solution nutritive renfermant environ 1/2 p. m. d'éléments utiles. Un million de parties en poids contiendraient 100 parties d'azote, dont 90 sous forme d'azote ammoniacal et 10 à l'état de combinaison organique; on y constate, en outre, 40 parties de potasse, 30 à 40 parties d'acide phosphorique, 15 à 20 parties de magnésie, 150 parties de carbonate de chaux, de petites quantités d'acide silicique, d'acide sulfurique, etc., et 200 à 300 parties de substance organique. Indépendamment de ces corps, il s'y trouve 200 à 250 parties de chlorure de sodium et environ 100 parties de limon fin en suspension, composé, en très grande partie (les deux tiers), de corps organiques et, pour le surplus, de sable ténu, d'argile, de chaux, de phosphates terreux, de sulfure de fer, etc. Ce limon se précipite très lentement, dans la mesure des phénomènes de fermentation et d'oxydation qui s'observent dans la masse. Partout où il se dépose en une couche compacte, il entrave beaucoup la filtration des parties liquides.

Toutes les observations montrent que la teneur des eaux-vannes en corps solubles et en matières en suspension éprouve de grandes variations, qui, d'une manière relative, sont cependant faibles, car elles oscillent entre 0,1 et 0,6 p. c.; les substances insolubles en suspension s'y présentent en proportion d'autant plus élevée, que les

eaux de lavage ont été moins abondantes ou moins employées et, en général aussi, que l'agglomération est moins populeuse et que les eaux sont observées en un point plus rapproché des endroits de production. Malgré le grand degré de dilution, la quantité absolue des matières entraînées est cependant énorme. C'est ce dont on peut se convaincre en observant les rivières où se déversent directement les produits des égouts : au bout de peu d'années, notamment lorsque le cours d'eau a un faible courant, ce qui est presque toujours le cas dans le voisinage des villes, il n'y a plus d'épuration par le mélange et ce mode d'évacuation devient insuffisant. Les dépôts de matières qui se sont formés dans le lit de plusieurs rivières, en Angleterre, ont parfois élevé le niveau des eaux de 3 à 4 mètres. Une commission anglaise d'enquête a conclu que les fleuves dans lesquels on déversait depuis longtemps les eaux-vannes étaient empestés et envasés, au grand préjudice des populations riveraines. C'est dans le même ordre d'idées qu'une commission française s'est prononcée à Paris, en 1876, relativement aux conséquences du déversement des eaux d'égout dans la Seine. A Francfort-sur-Mein et ailleurs, des considérations hygiénique sont montré la nécessité de remédier aux dangers de ce système et, en même temps, de chercher à tirer parti des matériaux utiles qu'il soustrait à l'agriculture.

Ces moyens sont divers. Parfois les eaux-vannes sont réunies dans des bassins de décantation avec emploi simultané d'agents d'épuration et de désinfection (lait de chaux et acide phénique, chlorure de magnésium, sels de fer, de manganèse, d'alumine, etc.); ailleurs, on utilise des filtres remplis de coke, de sable, de minerais de fer calcinés, de poussière de tourbe, etc. Mais les dépôts ou les matières recueillies ne possèdent qu'une faible valeur fertilisante,

bien inférieure au montant des frais exigés pour les recueillir; à l'état sec, ils contiennent, au maximum, un tiers à un quart de leur poids en substance organique, 1 à 1,5 p. c. d'azote et 4 à 6 p. c. de phosphate de chaux. On ne connaît aucun moyen pratique de précipiter l'ammoniaque, corps particulièrement précieux, qui y existe en proportion relativement élevée, ni la potasse. Au surplus, le liquide clarifié n'a nullement perdu ses propriétés nuisibles et il n'est guère plus convenable aux usages industriels parce qu'il renferme encore de notables quantités de corps fermentescibles, c'est-à-dire nuisibles au point de vue hygiénique.

L'emploi des eaux-vannes à l'*irrigation du sol* est un système d'épuration bien supérieur à leur abandon dans les eaux publiques. L'oxydation des corps organiques est beaucoup plus rapide et plus complète lorsqu'elle a lieu dans le sol et les produits des terrains irrigués couvrent partiellement les grandes dépenses résultant de la canalisation. Toutefois, ici encore, il y a des difficultés considérables à vaincre; elles sont telles, que les installations entreprises dans le voisinage des grandes villes n'ont presque nulle part répondu aux espérances; il en est, du moins, ainsi à Berlin, à Dantzig, à Breslau et ailleurs. Pour que le succès soit satisfaisant dans une certaine mesure, l'irrigation doit être étendue à de très grandes surfaces. Ainsi, à Berlin, par exemple, dont la population atteint 1,250,000 habitants, il est possible d'arroser fortement chaque année une étendue de 50,000 hectares, soit près de 10 lieues carrés, et même une surface double pour épuiser complètement les eaux de leurs matières fertilisantes.

Le terrain destiné à l'utilisation des eaux doit d'ailleurs présenter des conditions particulières. Il doit être sablon-

neux et au plus haut point perméable; généralement, on le draine. Peu à peu, cependant, la porosité et la perméabilité diminuant, la filtration du sol par les eaux est progressivement plus lente et plus faible. Les corps organiques suspendus dans la masse liquide revêtent, en se déposant, les particules terreuses, obstruent les pores du sol, qu'ils limonent et referment, rendant difficile la pénétration de l'air si indispensable à la croissance normale des plantes. C'est pourquoi beaucoup de bons esprits, en Angleterre, prétendent qu'il est indispensable, préalablement à l'emploi des eaux à l'irrigation, de soumettre celles-ci à une décantation plus ou moins coûteuse. Une autre condition, grosse de difficultés, est celle de disposer en hiver de bassins d'attente et d'installations diverses. La canalisation avec irrigation est donc une entreprise très onéreuse; on ne peut jamais espérer que ni l'intérêt ni l'amortissement des capitaux seront couverts par les résultats de l'irrigation. Du reste, à ce dernier point de vue, il faut aussi signaler que le rapport existant entre les éléments végétaux nutritifs transportés par les eaux est défavorable. C'est ainsi, par exemple, que les matières fécales produites en un an par un homme adulte contiennent, en moyenne, une quantité d'azote telle, que les évacuations de dix personnes suffisent pour fournir l'azote contenu dans une bonne récolte annuelle d'un hectare, tandis que, pour livrer l'acide phosphorique nécessaire à cette dernière, il faut les émissions de vingt habitants et, en ce qui concerne la potasse, les déjections de cinquante personnes seulement y suffisent. A Berlin, l'étendue irrigable est telle, que les engrais fournis aux eaux-vannes par deux cent quatre-vingts habitants ne sont répartis que sur une étendue de 1 hectare; ci-devant la proportion était de quatre cents et, antérieurement, de sept cent trente-

deux habitants seulement par hectare. Les conséquences d'une étendue trop faible sont manifestes. Comme il y a un grand excès de combinaisons azotées comparativement à l'acide phosphorique et à la potasse, la végétation est luxuriante, le tissu des plantes est spongieux, d'une constitution défectueuse et de qualité inférieure pour l'alimentation. Les animaux se dégoûtent facilement d'un tel fourrage donné en abondance, et il peut même en résulter des effets nuisibles à leur santé; le lait et le beurre des vaches laitières en acquièrent parfois un goût désagréable. Les légumes doivent être récoltés très tôt, leur conservation est difficile. D'autre part, la proportion élevée de sel marin contenu dans les eaux d'égout nuit au développement de diverses plantes. Souvent aussi les champs d'irrigation répandent une odeur qui soulève les protestations des populations du voisinage. Enfin, lorsque l'étendue irriguée est trop faible, l'état sanitaire des habitants peut être compromis parce que les terrains deviennent marécageux et que les eaux en sont plus ou moins corrompues.

L'évacuation des eaux-vannes par lavage abondant des égouts ne permet d'ailleurs que d'une façon incomplète, contrairement à ce que l'on a admis, le nettoyage des canaux et ce système n'est pas sans danger pour la salubrité publique. Le niveau des liquides s'élève et s'abaisse alternativement endéans vingt-quatre heures, ce qui détermine, sur les parois, des dépôts de matières fermentescibles dégageant des produits dangereux, qui refluent dans les habitations. La pente étant généralement faible, les frais de curage sont élevés. A Berlin, la mortalité n'a pas diminué à la suite de la canalisation; avant celle-ci, elle était (1838 à 1867) de 28,3 et elle s'élève actuellement à 31,5 pour mille habitants. En Hollande, l'inspection médicale supérieure est d'avis que ce système, appliqué avec ou sans

irrigations, est — abstraction faite de ce qui se passe au dehors — dangereux pour l'hygiène des villes. D'ailleurs, au point de vue agricole même, eu égard à une utilisation meilleure des matières fertilisantes, l'abandon de ce système, ou son association logique à un autre, est vivement désirable. L'usage des *tonnes mobiles,* tel qu'il est pratiqué à Heidelberg, permet une cueillette complète des déjections et leur emploi sur les terres. Dans ce système, les matières fécales sont reçues dans des vases hermétiquement fermés, souvent renouvelés, dont le contenu est enlevé à l'état frais, c'est-à-dire avant que la fermentation s'en soit emparée. Il est particulièrement applicable dans les petites villes; il ne laisse rien à désirer sous le rapport sanitaire, lorsque la désinfection est bien appliquée ou que les mesures sont prises pour que les émanations et les gaz s'élevant des tonnes ne se répandent pas dans l'air des habitations.

L'ancien système des *citernes* est encore le plus répandu dans les villes de l'Allemagne; leur vidange n'a lieu qu'au bout de plusieurs mois, parfois même après un an ou davantage. On constate cependant un progrès dans plusieurs localités : l'enlèvement du contenu s'opère au moyen de récipients pneumatiques ou d'autres appareils permettant de vider en tout temps les réservoirs et cela sans grande incommodité pour le voisinage. Ces matières doivent faire retour à l'agriculture et, à tous les points de vue, les dispositions prises à cet égard par la municipalité de Stuttgart méritent d'être connues. Dans cette ville, les matières solides et liquides des cloaques sont déversées dans de vastes bassins construits hors de l'agglomération et où les cultivateurs de la banlieue vont charger leurs véhicules, ou bien on en remplit immédiatement des wagons servant à former des trains spéciaux expédiés dans les campagnes,

à un tarif de faveur, sur un rayon de 60 kilomètres et plus. La culture achète volontiers ces engrais lorsqu'ils lui sont offerts à bas prix; elle les paye, en moyenne, frais de transport par chemin de fer compris, 7 francs le mètre cube. A ce taux, la ville trouve un bénéfice dans l'exploitation de ces produits; il est vrai que la municipalité perçoit une cotisation de vidange s'élevant annuellement à 2 fr. 25 c. par habitant.

Ce service donne de beaux résultats financiers dans quelques villes néerlandaises, et notamment à Emden et à Groningue. Dans cette dernière localité, l'administration municipale fait opérer l'enlèvement des matières fécales, auxquelles on associe les boues des rues, les déchets et balayures des habitations, etc., et dont on forme des composts. La production totale s'élève, par 1000 habitants, pour Groningue à 570000 tonnes métriques, pour Emden à 460000 tonnes et pour Brême à 490000 tonnes. La recette brute totale atteint, en moyenne, pour tous les produits, à Brême, 2 fr. 60 c.; à Emden (1877), 5 fr. 50 c., et à Groningue, 11 fr. 25 c. par 1000 kil. L'analyse a constaté, pour cette dernière ville, que 1000 kil. de compost renfermaient : potasse, 2,1 kil.; acide phosphorique, 5,3 kil.; azote, 6,7 kil. A Brême, on a noté 2,6 kil. de potasse, 5 kil. d'acide phosphorique et 5,2 kil. d'azote par 1000 kil. de compost.

La préparation des composts reçoit, à Groningue surtout, des soins spéciaux. Elle a lieu hors ville et sous toit, en tas de 2 mètres de hauteur, convenablement arrosés. Ils livrent, après six semaines de préparation, un engrais d'une grande richesse. La ville, qui ne compte que 42000 habitants, a retiré de cette exploitation, pendant plusieurs années, un bénéfice net annuel variant de 87000 à 100000 francs; il est vrai que le transport par eau des

engrais est facile dans tout le pays, ce qui permet encore leur emploi économique loin du centre de production.

Mais tous les systèmes énumérés précédemment laissent à désirer, tant au point de vue de l'utilisation des matières que sous le rapport hygiénique. L'étanchéité des canaux est difficile à obtenir et à conserver et, presque toujours, il y a des dégagements fétides, souvent chargés de miasmes ou de germes de maladies qui se répandent dans l'air des habitations et des rues. Il n'y a qu'un seul système qui paraisse répondre à toutes les exigences, c'est le *système différentiel* de Liernur, et il est réellement surprenant que les grandes villes, ainsi que celles de moyenne grandeur, où l'introduction des tonnes mobiles n'est guère possible, ne l'adoptent pas avec plus d'empressement. L'expérience des quinze dernières années et les avis des administrations, ainsi que des autorités compétentes, ont cependant montré tout le mérite de ce système, qui est assurément celui de l'avenir.

Le système Liernur a pour but l'enlèvement de toutes les immondices et des eaux sales sans aucune gêne pour les habitants et en évitant toute corruption de l'air, du sol ou des eaux publiques. De plus, il rend possible, et ce sans pertes, l'emploi agricole de tous les détritus des villes, attendu que, chaque jour, c'est-à-dire avant toute décomposition, on les sépare des eaux. Toutes les latrines de la ville, tant particulières que publiques, sont en communication avec une canalisation pneumatique de tuyaux en fer de 0m14 à 0m15 de diamètre, servant uniquement à l'évacuation des produits des fosses d'aisances. Les conduites tubulaires sont en rapport avec des pompes hydro-pneumatiques qui vident la canalisation par aspiration et chassent le contenu dans des bassins en maçonnerie situés hors ville. L'air des conduites est aspiré avec les gaz et tous

les germes qui peuvent y exister et il traverse ensuite les foyers des machines qui actionnent les pompes. Par cette disposition, la canalisation reste étanche et les corps dangereux répandus dans l'air des conduites sont brûlés; aucune communication avec la terre ou avec l'air libre n'est possible. Quant aux eaux météoriques et aux eaux sans valeur des habitations et des rues, elles sont reçues dans un autre système de canaux et, tout d'abord, soumises à une filtration par ascension dans des bassins remplis de débris de coke. Lorsqu'elles sont convenablement épurées, on peut les abandonner aux rivières sans aucun danger. Le coke se charge de limon et il est employé, en mélange avec du charbon ordinaire, au chauffage des machines. Les balayures des rues sont enlevées par les moyens ordinaires.

Le système Liernur n'est ni compliqué, ni coûteux, contrairement à ce que l'on pourrait inférer de sa description. Le diamètre réduit des tuyaux de conduite n'oblige pas à ouvrir des canaux coûteux et les frais d'entretien sont faibles. Depuis quinze ans, son application a donné des résultats très satisfaisants à Amsterdam, où plus de 60,000 habitations sont reliées à la canalisation; il en est de même à Dordrecht et à Leyde. Le service de la canalisation destinée aux matières fécales ne coûte, à Amsterdam, que 72,5 centimes par an et par tête d'habitant, y compris l'intérêt et l'amortissement des frais d'établissement. Mis à l'essai à Berlin pour une agglomération de 800 ménages, ainsi qu'à Vienne, à Prague et à Florence, le système Liernur a répondu de tous points aux exigences de la salubrité et de la propreté.

A Amsterdam, la station centrale du système Liernur reçoit par jour et par tête d'habitant 3,14 litres de matières excrémentitielles, solide et liquide réunis. Ce mélange

renferme, en moyenne, 2,3 p. c. de substance sèche, soit une production totale annuelle, par tête, de 26,2 kil. de substance sèche. L'engrais extrait des bassins collecteurs établis à la station centrale y est vendu aux cultivateurs et aux maraîchers, qui l'emploient à la méthode flamande, ou bien on peut, à l'instar de Groningue, le préparer en composts. Il est cependant préférable, au point de vue agricole, de le dessécher et de le transformer en *poudrette*, engrais concentré qui peut entrer en concurrence avec le guano du Pérou et autres. Ce n'est qu'ainsi que l'agriculture allemande cessera d'être tributaire de l'étranger pour une somme annuelle de 75 à 90 millions de francs consacrée à l'achat au dehors de matières fertilisantes (1).

Jusqu'ici, le principal obstacle à l'extension du système Liernur avec fabrication de poudrette résidait dans les grands frais d'établissement et dans la dépense en combustible, ainsi que dans le peu d'homogénéité de composition des matières premières. Toutefois de notables améliorations ont été réalisées depuis peu. En remployant la vapeur trois à quatre fois dans l'appareil à dessiccation, on obtient rapidement une concentration économique de la masse; une fraction de 1/33 seulement de la chaleur produite est nécessaire pour actionner les machines : les 32/33 restants peuvent être consacrés à la fabrication de la poudrette. L'usine de Dordrecht est établie d'après ces principes. Un traitement à peu près semblable a été appliqué par von Podewils, à Augsbourg, dans la préparation de l' « extrait fécal »; cependant on n'opère pas, dans ce dernier cas, sur des matières fraîches seulement étendues d'eau, mais

(1) Le système de vidange par canalisation tubulaire et pneumatique a été mis en expérience avec succès, depuis 1882, à Levallois-Perret (Paris) par M. l'ingénieur Berlier. (*Note du traducteur.*)

particulièrement sur le contenu ordinaire des citernes. Le mode opératoire suivi est, en peu de mots, le suivant : La masse ayant été débarrassée des copeaux, loques et autres déchets de l'espèce par une filtration grossière, on la traite par l'acide sulfurique jusqu'à ce qu'elle ait une réaction légèrement acide, puis on la soumet à l'action de la vapeur, afin de lui enlever son odeur; l'air expulsé et vicié est conduit sous la grille du foyer. L'évaporation des liquides a lieu dans quatre chaudières munies d'agitateurs, dont deux, chauffées à la vapeur, ont leur contenu porté à 105° C. et les deux autres à 65° C. L'évaporation et la dessiccation sont continuées dans un appareil spécial formé d'un ensemble de caisses-séchoirs en fer, et le séchage de l'engrais s'achève dans un tambour chauffé, d'où la masse sort finement pulvérisée. Lorsque le travail est bien conduit, il n'en résulte aucune incommodité pour le voisinage.

La poudrette de Dordrecht et l'extrait fécal d'Augsbourg renferment les éléments essentiels en quantités presque égales. L'examen de sept échantillons de la première a donné les résultats suivants :

| | | | Moyenne. |
|---|---|---|---|
| Eau . . . . . | p. c. de | 11,8 à 22,5 | 17,16 p. c. |
| Azote . . . . . | » | 6,3 » 8,8 | 7,43 » |
| Cendres (total) . . . . | » | 16,7 » 31,0 | 25,82 » |
| Acide phosphorique . . | » | 1,6 » 3,4 | 2,37 » |
| Potasse . . . . . | » | 3,2 » 3,9 | 3,49 » |

L'extrait fécal Podewils est vendu avec garantie de la richesse ci-après : azote, 8; acide phophorique, 3,5; potasse, 3,5 p. c.; les trois quarts de l'azote sont sous forme d'ammoniaque et, conséquemment, solubles dans l'eau. L'évaporation des liquides livre un engrais azoté auquel on ajoute du superphosphate de chaux ou de la farine d'os pour former un mélange vendu sous le nom de « guano

fécal » dont la composition se rapproche de celle du guano du Pérou dissous ; en effet, il dose : 9,5 p. c. d'acide phosphorique, dont 5,5 solubles dans l'eau ; 5 p. c. d'azote, dont 3 solubles dans l'eau, et 2 p. c. de potasse.

MM. Buhl et Keller ont adopté une autre méthode dans leur usine de Fribourg. Elle présente l'avantage d'exiger un tiers de moins de combustible dans la supposition que la chaleur soit aussi complètement utilisée que dans les cas précédents. On conserve à l'engrais obtenu presque tout l'azote et l'acide phosphorique de la matière première, mais la potasse est perdue. On travaille le contenu ordinaire des citernes. On soumet à une filtration le liquide que l'on obtient et que l'on traite par une petite quantité d'une solution de chaux et de chlorure de manganèse additionnée d'un peu de sulfate d'alumine. Le précipité est ensuite livré à des presses-filtres ; le liquide obtenu est traité par 0, 8 p. c. de chaux vive, puis distillé pour recueillir l'ammoniaque, qui s'unit à l'acide sulfurique ; une proportion d'eau variant d'un cinquième à un sixième de la quantité totale est évaporée. Le liquide, dépouillé de l'ammoniaque, est abandonné à lui-même dans des bassins, où il dépose un peu de phosphate de chaux, que l'on mélange plus tard à l'engrais ; on le filtre encore sur de la tourbe et du charbon avant de le verser à la rivière. Par ce procédé, on recueille une quantité de poudrette séchée à l'air s'élevant, en poids, de 5 à 5,5 p. c. du contenu des latrines, en y comprenant les agents de précipitation employés. L'engrais renferme :

| | | Moyenne. |
|---|---|---|
| Eau | 11,1 à 25,3 | 15,33 p. c. |
| Substances organiques | 42,0 „ 50,1 | 45,78 „ |
| Cendres | 32,7 „ 40,3 | 36,72 „ |
| Azote | 2,5 „ 3,8 | 3,12 „ |
| Acide phosphorique | 4,7 „ 6,3 | 5,69 „ |
| Potasse | 0,3 „ 0,5 | 0,40 „ |

La fabrique de poudrette de Fribourg garantit 3 p. c. d'acide phosphorique, 4 p. c. d'azote et 2 p. c. de potasse, ce qui indique qu'il y a eu addition de sel potassique et de sulfate d'ammoniaque à la matière obtenue. Le liquide des latrines soumis au travail renferme, en moyenne, 0,31 p. c. d'ammoniaque, correspondant à 1,21 p. c. de sulfate d'ammoniaque, soit, par mètre cube (environ 1000 kil.), 12,1 kil., tandis que l'on retire réellement 10 à 11 kil. Le sulfate d'ammoniaque préparé est assez pur et il est vendu comme tel ou utilisé dans l'usine à la préparation d'une poudrette additionnée, en outre, de superphosphate et, au besoin, de potasse.

Ces modes de traitement et les résultats indiqués permettent d'espérer que cette industrie prospérera. Les produits qu'elle livre rencontrent cependant une concurrence sérieuse dans d'autres engrais concentrés du commerce, possédant la même efficacité, surtout depuis la baisse de prix de l'azote (nitrique et ammoniacal) et de l'acide phosphorique soluble. Peut-être cette baisse n'est-elle que temporaire; mais il est cependant douteux que l'on revienne aux anciens prix. Quoi qu'il en soit, divers motifs, et notamment l'amélioration au point de vue hygiénique des grandes villes, rendent vivement désirable un emploi étendu et rémunérateur des engrais dont il vient d'être question.

## CHAPITRE VIII.

### LES ENGRAIS CONCENTRÉS ET LEUR IMPORTANCE POUR L'ENTRETIEN ET L'ÉLÉVATION DE LA FERTILITÉ DU SOL.

L'agriculture rationnelle n'a pas seulement pour caractère d'exiger une balance minutieuse de la circulation des éléments nutritifs essentiels qui passent du sol dans les récoltes, puis retournent au sol par les fumures, et de faire ressortir la restitution quantitative et qualitative à opérer du chef des éléments soustraits au sol par les produits exportés. On en exige davantage encore : il faut posséder ou acquérir, par des observations propres, des données positives sur les besoins du sol à chaque instant, afin de le porter rapidement à sa plus grande aptitude productive relative, au maximum du produit net. La diversité des conditions culturales est telle, en effet, qu'il est des cas où une restitution complète n'est pas justifiée, mais où, au contraire, une culture épuisante est en situation.

Il existe beaucoup de terres qui, soumises *exclusivement* au régime des fumiers produits dans la ferme, lorsque la culture fourragère est d'ailleurs suffisamment étendue, livrent actuellement, comme autrefois, des produits égaux,

voire même supérieurs, sans qu'on leur rende une somme d'éléments nutritifs égale aux prélèvements opérés. Mais on rencontre aussi un grand nombre d'exploitations où le rendement moyen des céréales a baissé, au point de vue tant de la quantité que de la qualité du grain, soit parce qu'une restitution correspondante n'a pas équilibré les pertes, soit parce que, à la suite du système de culture employé, il s'est produit une disproportion défavorable entre les agents actifs du sol. Certaines terres d'une grande fertilité naturelle ne sont presque aucunement influencées par l'application simultanée des fumiers de ferme et des engrais concentrés ordinaires. Par contre, il y en a un plus grand nombre qui sont notablement *en dessous de la limite de leur aptitude productive* et qui, par suite de leur constitution naturelle, ne peuvent pas ou ne savent atteindre que très lentement ce point culminant, malgré la réparation des pertes dues aux exportations par les produits des cultures et du bétail. Quelle que soit la durée de la mise en culture de terres semblables, pour arriver au plus haut degré relatif de fécondité, elles exigent *non seulement une restitution* complète des éléments divers absorbés par les récoltes, *mais elles réclament une restitution surabondante.*

La production agricole a pris, dans ces derniers temps, un essor remarquable par l'emploi de plus en plus étendu des *engrais concentrés* du commerce, aussi appelés *engrais artificiels, engrais chimiques.* Aucun cultivateur intelligent, appréciant bien ses intérêts, ne peut désormais négliger de soumettre à l'expérience au moins les principaux d'entre eux et de les employer d'abord à titre d'essai, soit simultanément comme auxiliaires, soit alternativement avec les fumiers de ferme. Leur usage permettra souvent de faire les observations suivantes :

1° Le sol des terres arables et des prairies *partiellement*

*épuisé* par un traitement vicieux est rapidement restauré, son aptitude productive antérieure reconquise et même ordinairement dépassée;

2° Dans les terres *neuves,* c'est-à-dire mises en culture pour la première fois, l'emploi de quantités relativement faibles de ces engrais permet souvent d'avoir des produits plus élevés et plus rémunérateurs que ceux que l'on obtient par l'application exclusive du fumier de ferme;

3° L'importance des engrais concentrés pour l'agriculture réside essentiellement dans la possibilité de porter rapidement et facilement le sol au degré de production le plus élevé. Ils offrent un excellent moyen de rectifier le mélange peu favorable des éléments utiles du sol, soit qu'il ait été modifié par la culture, soit qu'il fût défectueux depuis l'origine; ils permettent de placer les éléments assimilables dans des proportions réciproques meilleures et, ainsi, d'imprimer à la masse alimentaire déjà existante l'activité qui lui manque;

4° Ils améliorent parfois d'une façon remarquable les semis souffreteux et chétifs, surtout les céréales; l'application, au moment opportun, de faibles quantités de certains engrais, tels que le salpêtre du Chili, permet souvent de compter sur des produits satisfaisants;

5° Ils offrent le moyen de passer rapidement d'une rotation à une autre, tout en évitant dans les rendements les réductions qui accompagnent souvent ces périodes critiques. Par eux, le cultivateur a plus de liberté d'allures, ce qui est d'une importance particulière lorsqu'il s'agit de profiter promptement de conjonctures momentanées favorables, d'étendre certaines cultures à porter rapidement à de hauts rendements;

6° Appliqués à des cultures d'une grande valeur, non sujettes à la verse et qui peuvent ainsi livrer, par des

fumures riches et actives, des rendements considérables, telles que le colza, le tabac, le houblon et d'autres plantes industrielles, les engrais commerciaux peuvent encore rendre d'importants services. Il peut en être ainsi quoique ces engrais, utilisés dans les mêmes circonstances pour d'autres cultures, se montrent peu favorables et d'un emploi à peine rémunérateur;

7° Les engrais concentrés, à raison de leur rapide efficacité, permettent même de lutter, dans une certaine mesure, contre l'inclémence du climat. C'est particulièrement dans les situations froides, en montagnes, qu'il importe de disposer de moyens susceptibles d'activer la végétation;

8° En général, on peut admettre que, parmi les engrais les plus répandus dans le commerce, la farine d'os, le guano du Pérou, le nitrate de soude et le superphosphate de chaux sont les plus favorables aux *céréales* et au colza; le développement des *plantes-racines* éprouve surtout d'heureux effets par suite d'une fumure supplémentaire formée d'un mélange de superphosphate et de guano du Pérou ou de nitrate de soude, tandis que, pour les *légumineuses*, les *fourrages verts*, notamment les trèfles, ainsi que les prairies, les cendres, le plâtre, les sels de potasse, etc., se montrent particulièrement actifs. L'incorporation de la farine d'os aux composts destinés aux prairies mérite aussi de fixer l'attention.

Le cultivateur *doit tenter sur les engrais des essais particuliers et soignés*. Il n'existe point, à l'égard de leur emploi, de recettes appropriées à toutes les conditions et assurant partout des effets avantageux. Il faut étudier les principaux d'entre eux dans chaque sol, sous différents points de vue, et le praticien intelligent et zélé s'effraie d'autant moins de ces essais peu laborieux qu'il peut

fréquemment en retirer des avantages signalés pour sa culture. La science et l'observation générale pourront cependant lui être ici d'un grand secours en l'éclairant sur les conditions qui permettent d'attendre, *dans la majorité des cas,* une action favorable de ces engrais et en traçant au praticien *la marche à suivre dans les essais à entreprendre.* Ajouterons-nous qu'on peut dire, à cet égard, que le goût témoigné par le cultivateur pour les recherches de ce genre, soit relativement aux conditions d'existence des plantes, soit à celles ayant trait à la croissance et à l'alimentation des animaux, caractérise, en quelque sorte, l'agriculteur rationnel ?

Un tableau inséré à la fin de ce volume indique la *composition des principaux engrais concentrés.* Leur action dépend principalement de la présence des éléments suivants :

1° De l'*azote,* pour le salpêtre du Chili ou nitrate de soude, les sels ammoniacaux, les chiffons de laine, la farine de viande, les raclures de cornes, les poils des tanneries, la suie de houille, le sang desséché ;

2° De l'*acide phosphorique,* pour le guano des îles Baker et des Mejillones, le charbon d'os, l'apatite, la phosphorite, la cendre d'os et les superphosphates qui en proviennent, le phosphate de chaux des colleries et des fabriques de produits chimiques ;

3° De la *potasse,* pour le carbonate de cette base, les sels de potasse de Stassfurt, les concrétions des savonneries (chlorure de potassium), les résidus des fabriques d'acide tartrique ;

4° De l'*azote,* surtout et accessoirement de l'*acide phosphorique,* pour le guano du Pérou, le guano de poissons, la farine de tourteau de colza, les engrais préparés au moyen du sang et les urates ;

5° De l'*acide phosphorique* surtout et, plus ou moins accessoirement, de l'*azote,* pour la farine d'os préparée en vase clos ou attaquée par l'acide sulfurique, différentes espèces de poudrette, le guano de Fray-Bentos et les superphosphates ammoniacaux ;

6° De la *potasse* et de l'*acide phosphorique,* pour la cendre de bois, les superphosphates alliés à la potasse;

7° De la *potasse* et de l'*azote,* pour le purin de fumier de ferme et pour le nitrate de potasse.

Nous n'avons considéré ici que les principaux engrais du commerce possédant une *composition assez constante.* Il existe, en outre, un nombre incalculable d'*engrais artificiels* (guano artificiel, poudrette, urates, etc.), de *mélanges pour cultures spéciales,* dont la composition est très variable et qui ne méritent confiance que si leur richesse en azote, en acide phosphorique et en potasse est garantie par des maisons solides et si on peut les obtenir à un prix relativement faible. Le cultivateur ne doit généralement recourir qu'avec beaucoup de prudence à l'emploi des mélanges et des engrais spéciaux (pour céréales, pour légumineuses, pour racines, pour le houblon, pour le tabac, pour la vigne, etc.). Bien qu'il existe quelques exceptions d'un mérite réel, le cultivateur peut généralement préparer ces mélanges lui-même et plus économiquement au moyen de superphosphates, de sels de potasse et de nitrate de soude ou de sels ammoniacaux[1]. Un tableau terminant ce travail

---

(1) Nous croyons devoir compléter ces prescriptions sommaires en indiquant ici les précautions à prendre lorsqu'on achète des engrais :

1° Exiger du vendeur une facture indiquant nettement la nature de l'engrais à livrer. Cette pièce doit mentionner quel est ou quels sont les éléments fertilisants entrant dans la composition du produit, dans quelle proportion et sous quelle forme ces éléments se rencontrent dans le mélange. Pour éviter toute équivoque, le titre garanti en principes

renseigne les éléments des cendres des principaux produits agricoles; on peut y puiser des indications propres à diriger dans le choix des corps à introduire dans la composition des mélanges.

Jetons maintenant un coup d'œil rapide, au point de vue pratique, sur l'*état de solubilité* des principaux éléments existant dans les engrais concentrés les plus répandus, car c'est de cet état que dépend, à un haut degré, la promptitude d'action des engrais et, généralement aussi, leurs avantages économiques.

---

fertilisants sera exprimé dans les termes suivants : *azote* ammoniacal, — azote nitrique, — azote organique ; *acide phosphorique* anhydre soluble dans l'eau, — acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin, — acide phosphorique anhydre soluble dans les acides minéraux ; *potasse* anhydre soluble dans l'eau ;

2° Prélever, au moment de prendre livraison de l'engrais, en présence du vendeur ou de deux témoins honorables, un échantillon moyen; en remplir deux flacons en verre bien séchés à l'intérieur, boucher ces flacons à la cire et y apposer soit les cachets de l'acheteur et du vendeur, soit les cachets des témoins ; constater la levée des échantillons par une déclaration portant la signature des intervenants; envoyer l'un des échantillons à l'un des laboratoires agricoles de l'Etat, pour être analysé, et conserver l'autre sous cachet, pour servir en cas de contestation.

Les analyses se font, en Belgique, d'après un tarif arrêté par le gouvernement. Elles sont gratuites pour les cultivateurs belges qui ont acheté aux maisons placées sous le contrôle des station et laboratoires agricoles de l'État.

Le calcul de la valeur vraie de l'engrais, en tenant compte de la valeur, au cours du jour, des principes fertilisants qu'il renferme, de l'état physique de la matière, de son degré de division, de l'homogénéité du mélange, des frais de mélange, etc., est sans difficulté. Il prouvera que, dans la plupart des cas, il est plus rationnel et moins coûteux pour le cultivateur de se procurer les matières premières et d'en opérer le mélange à la ferme. Toutefois, ce mode d'opérer exige, de la part du cultivateur, quelques connaissances spéciales et il importe qu'il donne tous les soins nécessaires pour obtenir un mélange bien homogène et bien intime des matières qu'il associe.

(*Note du traducteur.*)

1. Le *salpêtre du Chili* ou *nitrate de soude* renferme l'azote sous la forme la plus favorable; il s'y trouve à l'état de nourriture végétale préparée. L'action de ce sel doit être d'autant plus rapide qu'aucun obstacle ne s'élève contre son assimilation directe; il n'est pas fixé par les particules terreuses, se dissout promptement dans l'humidité du sol, circule avec elle et se répartit rapidement. Le prix élevé du salpêtre réduit sa valeur comme engrais, et d'ailleurs son action n'est pas assurée au même degré pour toutes les plantes; néanmoins, l'usage de cet engrais s'est considérablement généralisé dans les dernières années, notamment dans la culture des céréales et des plantes-racines.

2. A l'état brut, c'est-à-dire impurs, les *sels ammoniacaux* ont également acquis une grande importance agricole. Le sulfate d'ammoniaque brut obtenu en fortes quantités, comme arrière-produit, dans les usines à gaz d'éclairage est souvent associé à des superphosphates riches. Mais les sels ammoniacaux et les nitrates renfermant l'azote sous la forme alimentaire la plus concentrée conviennent excellemment pour les expériences faites en petit dans le but d'apprécier l'utilité d'une application directe d'azote. Toutes les combinaisons organiques azotées renfermées dans les autres engrais doivent, en effet, subir une décomposition avant de pouvoir servir à l'alimentation végétale, c'est-à-dire passer à l'état d'ammoniaque ou d'acide nitrique.

3. La *farine d'os* est un des engrais les plus importants. Depuis quelque temps, on la réduit surtout en poussière fine en la traitant par la vapeur; sous cette forme, elle mérite incontestablement la préférence sur les os simplement pilonnés ou concassés, quel que soit d'ailleurs leur état de division. Une répartition parfaite et une bonne incorporation au sol sont alors possibles, et l'engrais

manifeste toute son action dans l'espace de trois ou quatre ans. Le surcroît de rendement dû à la farine d'os préparée à la vapeur rembourse plus sûrement et plus largement des frais d'application que les os simplement concassés, bien que le prix de ceux-ci soit plus faible d'environ un tiers. La farine d'os pure renferme environ 22 p. c. d'acide phosphorique et 3 à 4 p. c. d'azote (dans la gélatine) sous une forme également active, lente, mais cependant assez prompte et en rapport avec les besoins de la végétation pour que l'action de l'engrais se manifeste complètement dans un délai de trois ans.

4. C'est presque exclusivement par l'azote que les *débris d'animaux,* tels que les *raclures de cornes,* les *chiffons de laine,* les *poils,* les *déchets de tannerie,* le *sang desséché,* exercent une action favorable sur la végétation. Toutefois, elle n'est, d'ordinaire, suffisamment prompte, assurée et, par conséquent, rémunératrice que si ces matières ont été préalablement soumises à l'action d'agents chimiques et réduites en poudre bien homogène. Cette dernière considération est d'ailleurs d'une extrême importance pour tous les engrais concentrés.

5. L'élément actif des *superphosphâtes* est presque exclusivement l'acide phosphorique. On les prépare en traitant le charbon d'os ou cendre d'os, les guanos phosphatés des îles Baker, Malden, Mejillones et autres, ainsi que différents minéraux, tels que l'apatite, les phosphorites et les coprolithes, par l'acide sulfurique. Ils renferment l'acide phosphorique en grande partie à l'état soluble dans l'eau, ce qui assure une meilleure répartition dans le sol et, dans une certaine mesure, plus d'efficacité sur la végétation. L'immense emploi que les agriculteurs du nord et du centre de l'Allemagne font de ces engrais depuis vingt ans témoigne suffisamment en faveur de leur valeur; ce sont

aujourd'hui, quant au poids consommé, les engrais concentrés les plus importants, et un bel avenir leur est assuré depuis que l'on a découvert de nouveaux et puissants gisements de minéraux phosphatés, que l'on exploite et que l'on prépare industriellement. Les superphosphates montrent à l'évidence combien il importe que les éléments utiles renfermés dans les engrais concentrés s'y trouvent dans un état promptement actif et assimilable; la même quantité d'acide phosphorique est presque payée le double dans les superphosphates que dans la farine d'os et l'efficacité des premiers correspond à cette différence de prix.

6. L'épuisement de la plupart des gisements de guano du Pérou particulièrement riches en azote a diminué la grande importance que cet engrais a jadis possédée. Il ne renferme plus que 7 p. c. d'azote et environ 14 p. c. d'acide phosphorique; les autres corps sont peu considérés. L'azote y existe pour moitié sous forme d'ammoniaque; le reste est à l'état de combinaison organique rapidement décomposable et facilement assimilable; une faible proportion d'acide phosphorique est immédiatement soluble dans l'eau, mais n'exerce pas une action aussi prompte que les combinaisons azotées. Pour amener les deux éléments principaux du guano du Pérou à une activité également rapide, comme il est à désirer lorsqu'on en attend tous les effets dans le laps de temps le plus court possible, on l'a soumis à une opération qui le transforme en *superphosphate de guano*. Ce composé est d'un emploi recommandable à cause de sa composition constante (environ 7 p. c. d'azote et 9 à 10 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'eau); de plus, l'engrais est bien homogène et sous une forme pulvérulente, ce qui rend sa répartition facile. Il importe cependant de remarquer que ces avantages sont partagés par les guanos bruts du Pérou

depuis que ceux-ci sont livrés au commerce à l'état pulvérulent et avec garantie de teneur en éléments utiles.

7. Le *guano des îles Baker* est formé presque exclusivement de phosphate de chaux ; il est pulvérulent, analogue au phosphate de chaux obtenu par précipitation dans les fabriques de produits chimiques. On augmente et on assure, à un haut degré, l'action de ce guano par sa transformation en superphosphate qui contient 18 à 20 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'eau, tandis que le superphosphate de charbon d'os ne renferme que 16 et celui de farine d'os environ 12 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'eau. Les superphosphates préparés au moyen d'autres guanos phosphatés ont une composition analogue à celui obtenu par le traitement du guano des îles Baker.

8. Les sels de potasse originaires de Stassfurt, dont les prix ont sensiblement diminué depuis quelques années, méritent réellement d'attirer l'attention des cultivateurs progressistes. Presque tous les éléments qu'ils renferment existent sous des formes facilement solubles dans la plupart des préparations salines de cette provenance.

Le *sulfate brut de potasse* renferme environ 10 p. c. de potasse, presque autant de magnésie et beaucoup de sel marin; son prix, sur les lieux, est de 3 fr. 12 c. les 100 kil. Le sel de potasse dit *trois fois concentré* contient 30 à 33 p. c. de potasse (correspondant à 50 et 55 p. c. de chlorure de potassium) et coûte actuellement 13 fr. 12 c. les 100 kil.; le sel dit concentré au 5e degré dose 50 à 52 p. c. de base (80 à 85 p. c. de chlorure) et est livré au commerce au prix de 18 fr. 75 c. les 100 kil. On peut obtenir le *sulfate de potasse* (renfermant de 38 à 40 p. c. de potasse ou environ 70 p. c. de sulfate de potasse), au prix de 21 fr. 25 c. les 100 kil.

Les sels potassiques concentrés renferment moins de

magnésie et de sel marin que ceux pauvres en potasse. Les usines de Stassfurt livrent aussi le *sulfate de magnésie à l'état brut* (à 2 fr. 50 c. les 100 kil.) et *à l'état calciné* (à 4 fr. 38 c.). Signalons encore la *kaïnite* préparée, renfermant 13 p. c. de potasse, et le *sulfate brut de potasse et de magnésie,* dosant 15 à 18 p. c. de potasse : c'est un mélange formé d'environ 30 p. c. de sulfate de potasse, 25 p. c. de sulfate de magnésie et 30 p. c. de sel marin, vendu de 2 fr. 50 c. à 5 francs les 100 kil. Certain mélange épuré (renfermant 50 à 53 p. c. de sulfate de potasse et 34 à 38 p. c. de sulfate de magnésie), dosant 27 à 29 p. c. de potasse, est livré à 21 fr. 25 c. les 100 kil. L' « Adler kaïnite » est vendue, avec teneur garantie de 23 p. c. de sulfate de potasse (soit, au plus, 12 p. c. de potasse), à 2 fr. 50 c. sur wagon à Stassfurt, soit au prix de 21 centimes le kilogramme de potasse; sous forme de *grugite,* minéral formé essentiellement de sulfates et renfermant 10 à 12 p. c. de potasse, celle-ci ne coûte même que 18 centimes.

L'action de ces sels est due à leur teneur en potasse et en magnésie; quelques-uns renferment beaucoup de sel marin pouvant agir comme dissolvant des éléments nutritifs existant dans le sol et concourir indirectement à l'alimentation des plantes.

*Champs d'essais des engrais.* — Il est de la plus haute importance pour le cultivateur d'obtenir des indications sur les éléments nutritifs essentiels qui n'existent pas dans le sol en quantité suffisante pour que ses terres livrent, dans les conditions du système de culture adopté, des récoltes aussi riches que possible. *On ne peut atteindre ces résultats d'une manière pratique que par des essais de fumure judicieusement opérés.*

Sous ce rapport, il est, tout d'abord, à conseiller d'entreprendre quelques expériences sur *chacun des éléments nutritifs* employés isolément dans la forme d'un sel aussi pur que possible et notamment sur les corps ci-après :

1° L'acide phosphorique à l'état de superphosphate;

2° L'azote à l'état de nitrate de soude (ou de sulfate d'ammoniaque brut);

3° La potasse à l'état de sel de potasse dit cinq fois concentré ou de sulfate de potasse à haut degré;

4° La magnésie à l'état de sulfate de magnésie;

5° Le plâtre;

6° La chaux vive.

Le champ d'essai doit occuper un terrain de composition bien homogène, et l'on a soin de laisser, pour servir de termes de comparaison, deux ou trois parcelles-témoins sans fumure. L'ordonnancement des parcelles n'est soumis à aucune règle, c'est-à-dire qu'on divise le champ eu égard à sa situation, à sa forme et de manière à y appliquer facilement les travaux nécessaires. La disposition suivante, par exemple, peut être adoptée :

| | | |
|---|---|---|
| Pas d'engrais. | Sel de potasse. | Plâtre. |
| Superphosphate de chaux. | Pas d'engrais. | Chaux vive. |
| Sulfate de magnésie. | Nitrate de soude. | Pas d'engrais. |

On applique des quantités d'engrais en rapport avec celles dont on fait usage dans la grande culture, soit environ, par are, 4 à 5 kil. de superphosphate, de sulfate de magnésie, de plâtre ou de sel de potasse, 2 à 3 kil. de salpêtre du Chili ou de sulfate d'ammoniaque et 15 à

20 kil. de chaux vive. On éteint préalablement celle-ci ou on la laisse déliter à l'air avant de la répandre ; le plâtre est appliqué en poudre et les autres engrais, afin d'en opérer plus également la répartition, sont mélangés d'abord à un volume égal ou double de bonne terre humeuse ou de sciure de bois fraîche. On opère l'épandage de l'engrais *longtemps* avant le semis de la plante et on l'enfouit au moyen d'un fort coup de herse, de manière à en opérer intimement le mélange avec la terre. Il est toutefois préférable d'enterrer l'engrais superficiellement à la charrue et de procéder ensuite à la préparation du sol et au semis comme dans la culture ordinaire. Lorsque les parcelles sont bien délimitées et les engrais soigneusement attribués à chacune d'elles, on peut traverser tout le champ d'essai avec les instruments attelés, sans crainte d'entraîner d'une parcelle à l'autre les engrais appliqués, surtout si l'on a soin de laisser un sentier de 2 pieds de largeur et sans fumure entre les parcs d'essai.

On entreprend ces essais sur des terres considérées comme épuisées dans le sens agricole du mot, c'est-à-dire sur des parcelles désignées pour recevoir immédiatement une nouvelle fumure dans l'ordre ordinaire de la rotation. Pour être concluants, ils doivent être poursuivis de la même façon pendant trois à six ans, en renouvelant l'application des engrais aux mêmes doses sur les mêmes parcelles et en variant seulement les plantes cultivées, comme l'exige la rotation admise.

Une autre expérience aussi instructive, susceptible non uniquement de révéler les besoins du sol, mais aussi d'indiquer le point jusqu'où l'on peut, dans des circonstances données, élever les rendements, est celle dans laquelle on se borne à l'étude des trois éléments si importants au point de vue agricole, l'*acide phosphorique*,

l'*azote* et la *potasse*, soit en les appliquant isolément, soit en les associant à deux ou à trois dans les essais, comme dans la disposition suivante :

| | | |
|---|---|---|
| Pas d'engrais. | Nitrate de soude. | Sel de potasse et nitrate de soude. |
| Superphosphate seul. | Superphosphate et nitrate de soude. | Superphosphate, nitrate de soude et sel de potasse. |
| Sel de potasse. | Superphosphate et sel de potasse. | Pas d'engrais. |

Les quantités d'engrais peuvent être les mêmes que précédemment. L'essai est également entrepris à la fin d'une rotation, c'est-à-dire à l'expiration d'une période de fumure ordinaire. Il est poursuivi pendant trois à six ans et on renouvelle l'application des engrais artificiels pour chaque ensemencement en observant les conditions indiquées plus haut.

En général, on peut admettre que le sol cultivé manquera le plus rapidement d'*acide phosphorique*, c'est-à-dire qu'une importation de cet élément élèvera la puissance productive du terrain. Il n'y a guère que certains sols, ceux notamment qui proviennent de la désagrégation de roches particulièrement riches en ce corps, comme les calcaires du lias, les calcaires coquilliers, les sables verts, etc., comme aussi des terrains qui sont fréquemment et abondamment enrichis de phosphates, qui fassent exception; au nombre de ces derniers, sont ceux soumis depuis longtemps à une culture bien entendue de betterave à sucre. Presque toujours, cependant, une application d'acide phosphorique ne donne des résultats assurés et aussi élevés

que possible qu'à la condition d'une introduction simultanée d'*azote* donné sous forme d'engrais concentrés. Il n'en est différemment, c'est-à-dire que l'azote est moins nécessaire ou même superflu, que dans les terres riches en humus ou dans celles qui, abondamment fumées à l'engrais de ferme, sont soumises à une rotation modérément épuisante et leur laissant de la « vieille force » ; les terres neuves provenant du défrichement de gazons, de forêts, etc., peuvent aussi être dans le même cas. Dans les conditions moyennes de sol et de traitement cultural, le corps dont l'efficacité est le moins sûre et le moins rémunératrice est la *potasse;* son application exerce habituellement des effets inférieurs à ceux des engrais phosphatés ou azotés. Toutefois, cet élément nutritif montre maintenant, bien plus fréquemment qu'autrefois, des effets favorables, parce que les essais sont plus judicieusement exécutés. On ne doit pas se borner à essayer les engrais potassiques isolément; pour se rendre un compte exact de leur utilité, il convient souvent de les associer à un engrais phosphaté, par exemple lorsqu'on expérimente sur le trèfle et les légumineuses, ou à un engrais phosphaté et azoté (par exemple pour des céréales et des plantes-racines).

Dans toutes les questions spéciales, chaque essai devrait être répété plusieurs fois sur des parcelles d'égale étendue, être renouvelé dans le même ordonnancement au moins *trois fois* et les parcelles à engrais devraient être comparées avec celles sans engrais, confondues les unes dans les autres et occuper des bandes de terrain assez étroites. Ainsi, par exemple, lorsqu'il s'agit d'expériences sur la *potasse,* on peut opérer sur dix parcelles ayant les destinations suivantes :

1re parcelle. Pas d'engrais ;
2e „ Azote et acide phosphorique ;

3e parcelle. Azote, acide phosphorique et potasse ;
4e » Pas d'engrais ;
5e » Azote et acide phosphorique ;
6e » Azote, acide phosphorique et potasse ;
7e » Pas d'engrais ;
8e » Azote et acide phosphorique ;
9e » Azote, acide phosphorique et potasse ;
10e » Pas d'engrais.

Lors d'observations sur les effets de l'*acide phosphorique* soluble dans l'eau, l'ordre ci-après peut être adopté :

1e parcelle. Pas d'engrais ;
2e » Azote ;
3e » Azote et acide phosphorique ;
4e » Pas d'engrais ;
5e » Azote ;
6e » Azote et acide phosphorique ;
7e » Pas d'engrais ;
8e » Azote ;
9e » Azote et acide phosphorique ;
10e » Pas d'engrais.

On peut se livrer de la même manière à des expériences comparatives sur l'acide phosphorique soluble dans l'eau (superphosphates), sur l'acide phosphorique précipité (phosphate tricalcique, phosphate bicalcique, acide phosphorique rétrogradé), en appliquant, en même temps, à chaque parcelle, de l'azote. S'agit-il d'obtenir des éclaircissements sur l'utilité des combinaisons azotées (nitrate de soude, sulfate d'ammoniaque, engrais organiques azotés, etc.), on fournit à chaque parcelle à fumer d'égales quantités d'azote, les unes sans et les autres avec adjonction d'une certaine proportion d'acide phosphorique assimilable.

On ne peut considérer l'expérience comme répondant au but poursuivi, c'est-à-dire comme réussie, que si elle satisfait aux conditions suivantes : 1° les rendements des parcelles sans engrais doivent différer très peu les uns des

autres; 2° l'effet de l'engrais doit se manifester trois fois dans le même sens; si certaines parcelles offrent des écarts, ceux-ci doivent pouvoir être facilement expliqués par des circonstances bien définies.

Les essais ne peuvent avoir lieu que sur des *plantes bien appropriées*. Ceux qui doivent éclairer sur le défaut d'azote ou sur la richesse du sol en cet élément nutritif ne peuvent être entrepris que sur une céréale ou sur une plante-racine. Les légumineuses, les trèfles, en général, étant très insensibles à une application d'azote, on ne peut pas conclure de l'inefficacité, sur elles, d'un engrais azoté que le sol est suffisamment pourvu de nourriture azotée active. L'action des engrais potassiques est fréquente sur les fourrages verts, sur les légumineuses, sur les céréales; leur application à celles-ci est souvent très rémunératrice et, en outre, du meilleur effet sur les fourrages et sur les plantes-racines qui leur succèdent dans la rotation. Enfin, lorsqu'on veut interroger le sol sur l'utilité des phosphates, il faut adopter comme sujet d'expérience une céréale ou une plante légumineuse.

Les quantités d'engrais à employer varient beaucoup suivant les circonstances. Leur détermination est d'une grande importance à raison de leur influence sur le produit net des récoltes et elle est souvent le premier objet des essais dont nous nous occupons. D'après M. P. Wagner, en admettant que les éléments nutritifs sont immédiatement solubles ou, tout au moins, d'une action prompte, les quantités ci-après peuvent être considérées comme admissibles par hectare :

*Céréales.*

| | Dose faible. | Dose moyenne. | Dose élevée. | Trèfle et légumineuses. |
|---|---|---|---|---|
| Acide phosphorique soluble. | 30 kil. | 50 kil. | 80 kil. | 50 à 60 kil. |
| Azote soluble . . . . . | 10 » | 25 » | 40 » | » |
| Potasse . . . . . | 30 » | 50 » | 100 » | 70 à 80 » |

*Pomme de terre.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Acide phosphorique soluble . | 30 kil. | 40 kil. | 50 kil. |
| Azote soluble . . . . . | 20 „ | 25 „ | 30 „ |

*Betterave à sucre.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Acide phosphorique soluble . | 40 kil. | 60 kil. | 80 kil. |
| Azote soluble. . . . . | 20 „ | 30 „ | 60 „ |

Relativement à la potasse destinée aux plantes-racines, il est préférable de l'appliquer à la plante précédente.

Pour les prairies, qui occupent fréquemment des sols riches en humus, l'introduction d'azote sous forme d'engrais concentrés n'est généralement pas rémunératrice, tandis que l'application de 40 à 50 kil. d'acide phosphorique et de 60 à 90 kil. de potasse est souvent d'un effet très marqué.

Les essais ne sont pas moins à conseiller dans les vignobles. Lorsque ceux-ci reçoivent tous les quatre ans une forte fumure à l'engrais de ferme, il est à recommander de ne répandre, la première année, qu'une petite quantité d'acide phosphorique; la seconde année, on associe la potasse et l'acide phosphorique, et, pour la troisième et la quatrième année, on donne, en outre, de l'azote (nitrate de soude). Relativement aux quantités, elles sont ici, par an et par hectare, de 40 kil. pour l'acide phosphorique, de 50 kil. pour la potasse et de 15 kil. pour l'azote. Des doses plus faibles sont, du reste, souvent d'un effet favorable. On répand les engrais à la volée, à la fin de l'automne, et on les mélange à la terre avec beaucoup de soin.

Lorsqu'on entreprend des essais sur des engrais renfermant l'acide phosphorique et l'azote sous une forme difficilement soluble, par exemple le guano de poisson, la farine d'os, la farine de viande, des cornes moulues, des poussières de laine, du sang desséché, du phosphate de chaux précipité, etc., il importe d'observer les effets

exercés sur les récoltes des deux années qui suivent celle de leur application. L'effet total produit pendant une période de trois ans est la mesure de la valeur d'emploi de ces engrais dans les circonstances où l'on opère. Il en résulte que, si les essais de ce genre sont entrepris dans un terrain épuisé ou se trouvant encore dans un état moyen de fumure, les plantes à cultiver pendant les deux années suivantes, d'après la rotation admise, ne peuvent pas recevoir un nouvel engrais. Cette action postérieure des engrais concerne surtout l'acide phosphorique et la potasse; quant à l'azote donné à l'état d'acide nitrique ou d'ammoniaque, ou sous une forme prenant rapidement l'un ou l'autre de ces états, il n'agit presque exclusivement que sur la récolte de la première année.

Les recherches dont il vient d'être question et que tout cultivateur peut entreprendre dans son propre intérêt exigent peu de temps et n'occasionnent qu'une peine et des frais insignifiants. Il suffit, en effet, de désigner assez longtemps d'avance une parcelle de terre appropriée et sur laquelle, après avoir opéré les divisions admises, on répartit, après pesage, les engrais à expérimenter ; la préparation du sol et les autres façons de culture restent les mêmes que dans les conditions ordinaires. S'il n'est pas possible au cultivateur, à l'époque de la moisson, de déterminer exactement, à l'aide de la bascule, les résultats de chaque parcelle, il a néanmoins, en été, pendant le cours de la végétation, la faculté de relever des observations instructives sur le degré d'efficacité des engrais mis en œuvre, et il peut déjà en tirer des données d'un immense avantage pour sa conduite future. Naturellement, les résultats auront une portée bien supérieure, la confiance qu'ils inspireront sera bien plus fondée, si l'on ne recule pas devant les embarras de l'achèvement de l'épreuve, en

appréciant la quantité et la qualité des produits, surtout en ce qui concerne le mérite du grain et des racines obtenus à la récolte.

Nous croyons devoir insister de nouveau sur un point qui est d'une importance capitale dans ces essais. Lorsqu'on veut en retirer des résultats clairs, exempts de tout doute, il faut faire choix d'un endroit où le sol possède, dans toute son étendue, une composition parfaitement uniforme. Mais c'est là une condition qu'il est très difficile de réaliser dans la pratique, surtout quand les parcelles ont la forme carrée qu'on leur donne fréquemment et qu'elles sont entremêlées les unes dans les autres. On fait disparaître, dans une large mesure, les irrégularités éventuelles dans la composition du sol en donnant aux parcelles la forme de bandes allongées et très étroites. Voici, d'ailleurs, les règles d'après lesquelles on procède maintenant presque partout pour le choix et la disposition des champs d'essais :

1. La pièce de terre choisie doit être aussi plane que possible, du moins la section dans le sens de la largeur doit être horizontale; s'il en est ainsi, il n'y a pas d'inconvénient grave à ce que le champ s'élève ou s'abaisse dans le sens de la longueur.

2. Il faut fixer, autant que possible, dès l'année qui précède celle où commence l'expérience, c'est-à-dire lorsque la dernière récolte garnit encore le sol, l'espace à réserver aux essais. On peut alors reconnaître en mai et en juin, à l'examen de l'emblavure, les endroits où la végétation est uniforme, et on délimite, au moyen de quatre pieux placés aux angles, l'étendue de la parcelle.

3. Le rapport entre la longueur et la largeur des parcelles d'essais doit, si possible, être = 25 : 1 et, dans certains cas, par exemple lors d'expériences sur des

plantes-racines, il convient qu'il soit encore plus écarté.

4. Il suffit que chaque parcelle ait une étendue de 4 à 5 ares, notamment lorsque l'essai est fait en double. Les grandes parcelles rendent plus difficile l'appréciation de la quantité et surtout de la qualité des produits, bien plus toutefois pour les plantes-racines que pour les céréales.

5. Toutes les parcelles doivent être d'égale longueur et s'étendre parallèlement d'un bout à l'autre du champ. Des parcelles sans engrais sont indispensables comme moyen de contrôle. On en réserve trois : l'une occupe le milieu du champ d'essai, chacune des deux autres le milieu des deux moitiés formées, c'est-à-dire qu'elles sont à égale distance de la première et des longs côtés de la pièce. Il est parfois préférable de multiplier davantage encore les parcelles sans fumure et de les répartir en divers points du champ.

6. On sépare les bandes ou parcelles les unes des autres par un sentier de 2 à 3 pieds de largeur; on le laisse sans culture ou, ce qui est préférable, on occupe ces intervalles au moyen d'une autre plante. Lorsqu'on répand les engrais, il est indispensable qu'un aide soit muni d'un écran léger d'environ 1 mètre de hauteur et de 2 mètres de longueur, qu'il place de façon à empêcher le jet ou le transport par le vent, sur les parcelles voisines, des engrais que l'on applique.

7. Il est non moins désirable de s'assurer que la composition du sous-sol est uniforme jusqu'à une profondeur de 3 à 4 pieds : on y parvient au moyen de sondages ou en creusant en différents points des trous d'observation.

8. On doit surtout admettre les semis en lignes, exécutés à écartement bien régulier et avec des quantités égales de semences sur chaque parcelle; enfin, on a soin de con-

server, pour toutes les plantes sarclées, un nombre égal de pieds sur toutes les parcelles. Ajoutons, relativement à la pomme de terre, que les tubercules employés à la plantation doivent être de grosseur uniforme, pas trop petits, et que l'on en emploie des poids égaux sur chaque parcelle.

9. Lorsqu'on se sert de fumier d'étable, il convient que les véhicules soient déchargés en suivant une direction transversale à la longueur des parcelles, afin d'éviter des irrégularités de fumure dues à une composition différente de l'engrais. Celui-ci est à appliquer le plus tôt possible et non peu de temps avant le semis.

Nous examinerons d'une manière spéciale, dans le chapitre suivant, le mode d'emploi des engrais concentrés et les préparations qui doivent précéder leur épandage. Arrêtons-nous encore ici à quelques points importants dont le cultivateur doit se préoccuper dans les recherches et les observations auxquelles il se livre sur leur action :

1. *Les engrais concentrés ne sont pas destinés à remplacer complétement le fumier de ferme, à le rendre superflu.* La plupart ne conviennent nullement à cette destination, parce qu'ils ne renferment généralement qu'un petit nombre d'éléments alibiles importants et ne constituent donc pas un aliment complet pour la plante; de plus, ils ne peuvent pas contribuer à améliorer l'*état physique* du sol. Le fumier d'étable est et reste l'engrais essentiel de l'agriculture. L'importance des premiers réside notamment dans le puissant appui qu'ils apportent au fumier de ferme : ils rectifient sa composition lorsqu'elle est vicieuse; ils hâtent et assurent la complète utilisation des éléments qu'il contient ou qui se développent pendant sa décomposition. On obtient ainsi des rendements bruts et des produits nets plus élevés et que l'on attendrait vainement de l'emploi

exclusif des engrais de ferme. Lorsqu'ils se montrent favorables, les rendements moyens des récoltes progressent et, avec eux, la masse de fumier produit par la consommation de fourrages plus abondants. On ne doit pas cesser néanmoins de les employer lorsque cette amélioration générale se manifeste; ils continueront toujours à assurer et à élever l'activité fertilisante et la complète utilisation des fumiers. Ce n'est qu'en *continuant à recourir* aux engrais concentrés et en augmentant sans cesse la quantité de fumier de ferme produit, que l'on peut compter sur la réalisation soutenue des rendements moyens maxima; or, l'expérience acquise dans un grand nombre de localités prouve que ces rendements moyens dépassent souvent du double ce que l'on avait considéré jusque-là comme de bons produits moyens.

Il résulte de ces considérations que l'on ne peut pas employer les engrais concentrés pour donner une fumure complète et qu'ils ne sont que le *complément* ou les *auxiliaires du fumier de ferme*. Sans doute, on peut, dans certaines circonstances, obtenir, de l'emploi exclusif des engrais artificiels, des rendements élevés et rémunérateurs; mais la terre, plus fatiguée, réclame alors des fumures à l'engrais d'étable d'autant plus considérables pour reconquérir promptement et d'une manière durable son ancien degré de fertilité. Ce n'est que lors de la reprise d'une exploitation assez épuisée ou quand, dans des défrichements, par exemple, on dispose de peu d'engrais de ferme et que l'on veut produire rapidement du fourrage à faire consommer, qu'il peut être conseillé de recourir exclusivement aux engrais concentrés pendant une période de trois ou quatre ans; toutefois, il est encore préférable d'appliquer simultanément une demi-fumure d'engrais d'étable.

2. On a souvent l'occasion de faire des observations très

intéressantes sur les quantités d'engrais les plus favorables lorsqu'on les emploie *en proportions variables*, par exemple à dose graduée de 150, 200, 300 kil. à l'hectare, sur des parcelles voisines; on observe avec soin les effets pendant les années suivantes. Il n'est pas rare que de fortes quantités d'engrais soient payées par les récoltes à des prix plus élevés que des doses trop faibles.

3. *Il n'est pas indifférent d'enfouir* les engrais superficiellement lors du semis de la plante ou de les enterrer plus ou moins profondément avant la semaille. Il semble se confirmer de plus en plus qu'un enfouissement par un labour léger garantit l'uniformité de leur action et leur parfaite utilisation; il faut surtout se former une opinion précise, sous ce rapport, lorsqu'on tente des essais sur des semailles de printemps, afin de déterminer si l'application et l'enfouissement avant l'hiver des engrais n'est pas préférable à leur emploi au printemps. Pour la betterave, un enfouissement profond, surtout lorsqu'il s'agit de phosphates, assure visiblement les effets de l'engrais.

4. Les engrais concentrés destinés à des céréales d'hiver sont souvent appliqués *en couverture* au printemps et on fait presque exclusivement usage de nitrate de soude; la moitié de la dose est fournie au premier réveil de la végétation et le reste plus tard, mais avant la fin du tallement et sans attendre que le chaume apparaisse. Pour le seigle d'hiver, qui talle davantage à l'automme, il est fréquemment préférable de répandre la moitié de l'engrais peu de temps avant la semaille ou aussitôt après la levée de la céréale et le reste de bonne heure au printemps. L'épandage de nitrate de soude sur emblavures maigres et faibles est très avantageux; hors ce cas, ce mode d'emploi des engrais n'offre qu'un secours peu sûr, parce qu'un temps défavorable, trop humide ou trop sec, fait perdre une partie des effets de la matière fertilisante.

5. On doit observer avec soin si, parmi les engrais soumis à l'essai, il n'en est pas qui exercent *une action spécialement favorable à certaines plantes*. On emploie, à cette fin, pour chacune des cultures de la rotation, un engrais particulier complémentaire en faible quantité et, d'après les faits observés jusqu'ici, on obtiendra généralement le meilleur succès : pour le *colza*, par exemple, de l'application, par hectare, de 200 à 400 kil. de guano du Pérou ou de superphosphate ammoniacal; pour les *céréales*, de l'emploi de 200 kil. des mêmes engrais ou de 100 à 125 kil. de nitrate de soude; pour les *racines*, de 200 kil. d'un superphosphate ordinaire ou de 200 à 400 kil. de farine d'os préparée à la vapeur, avec addition, dans les deux cas, de petites quantités de nitrate de soude; pour les *pois*, les *vesces*, etc., de 100 kil. de superphosphate mêlés à 200 kil. de sel potassique de Stassfurt, et enfin pour les *fourrages verts*, de l'usage du plâtre avec 300 à 400 kil. de sulfate de potasse brut ou de kaïnite. Le pouvoir d'utilisation de chaque élément nutritif varie avec les plantes. Quelques-unes demandent d'abondants engrais d'étable, tandis que d'autres, mieux douées, empruntent les mêmes éléments en plus forte proportion à la provision même du sol et sont presque indifférentes à leur introduction sous forme de fumier de ferme. Cette diversité dans les aptitudes ne peut pas être révélée par l'analyse chimique, mais seulement par des expériences directes sur les végétaux, entreprises dans des terres de composition variable. Le besoin des diverses plantes en *fumier* est tout différent du besoin en un *élément nutritif* spécial.

6. Il est un point particulier qui appelle aussi l'attention dans les essais en question : c'est l'effet de l'engrais sur la *formation* et la perfection du *produit principal*. Le grain des céréales, par exemple, devient parfois plus pesant ou

le rapport du grain à la paille est plus favorable ; la betterave à sucre et la pomme de terre acquièrent plus de qualité ; s'il s'agit de betterave fourragère, de trèfle ou de l'herbe des prairies, la valeur nutritive est augmentée. Cette amélioration des produits due à l'influence de l'engrais peut être très sensible, bien que la masse totale récoltée n'ait pas été plus forte. Ainsi, par exemple, dans une terre possédant une propension marquée à produire de la paille, l'application d'un engrais approprié se manifestera à peine, pendant la période de végétation, dans l'état du semis ou l'aspect des plantes, et cependant le rendement en grain peut être notablement amélioré au point de vue tant de l'abondance que de la qualité.

7. La *verse des céréales* porte, comme on sait, un préjudice important à la formation complète du grain : elle en réduit la qualité et la quantité, surtout lorsqu'elle survient tôt, et, quelle qu'en soit la cause, il faut établir des essais en vue d'en prévenir, autant que possible, le retour. Abstraction faite des influences atmosphériques, il est incontestable qu'elle est due à la composition chimique vicieuse du sol ; celui-ci se trouve alors dans un état de fécondité tellement exubérant, qu'il favorise une production herbacée intense, le développement de la paille et des feuilles aux dépens de celui du grain. Cette exubérance s'observe particulièrement lorsqu'on fournit au sol une certaine quantité ou un excédent de potasse alors qu'il est déjà riche en substances organiques azotées d'une décomposition rapide (situation qui se révèle assez fréquemment dans le système d'exploitation au fumier avec grande production fourragère et le concours de prairies grasses) ; les plantes prennent alors une texture spongieuse, les tissus restent mous et lès tiges sont privées de la rigidité nécessaire. Le praticien dit proverbialement

qu'il préfère la verse à la pauvreté (*en terres qui versent le fermier ne se ruine pas*), et il a ordinairement recours alors aux semis clairs, disposés en lignes, à la culture des plantes dites épuisantes, à la betterave par exemple, qui est avide de potasse. Il arrive au même résultat en diminuant les fumures ou en arrosant plus fréquemment le fumier préparé à la ferme, afin d'entraîner en plus forte proportion dans le purin les éléments formateurs de la paille. On peut sans doute, de cette manière, obtenir un rapport plus favorable entre le grain et la paille, mais le *poids total produit* est ordinairement diminué. En pareille circonstance, des essais rationnels sont parfaitement en place, portant, par exemple, sur un emploi de la farine d'os ou de superphosphate susceptible d'élever le rendement en grain sans qu'il y ait diminution du produit en paille. On a souvent observé, à cet égard, que les phosphates communiquent à la paille de la rigidité, en même temps qu'une teinte plus claire et un aspect plus luisant, tout en favorisant directement le perfectionnement du grain.

Il est aussi à conseiller, dans les terres exposées à la verse, d'essayer les effets du sel marin à la dose de 200 à 400 kil. par hectare; ce corps facilite le passage de l'acide phosphorique dans la plante, modère et régularise dans le sol la décomposition des matières organiques azotées; le chaume, surtout chez l'orge, reste plus court après une application de sel ordinaire, mais il acquiert plus de résistance et il peut supporter des épis plus lourds et plus parfaits. Toutefois, on doit procéder avec prudence dans l'emploi du sel marin lorsqu'il s'agit de terres maigres, spécialement quand le sol est argileux, pauvre en humus et peu perméable. Dans ces conditions, déjà de petites quantités de sel marin exercent parfois une action nuisible à la végétation, tandis que, dans les terres argileuses ou

sablonneuses perméables, riches en humus ou, du moins, en bon état de fumure, le sel exerce ordinairement une influence avantageuse.

8. Les engrais concentrés acquièrent une valeur toute particulière dans la culture intensive de la plupart des *plantes dites industrielles,* telles que le *houblon*, le *tabac*, le *lin* et, particulièrement, le *colza*. Peu exposées à la verse, l'application de grandes quantités d'engrais actifs permet d'augmenter avantageusement, sans danger, les rendements de ces cultures, et cela dans une mesure beaucoup plus large que pour les autres plantes et surtout que pour les céréales ordinaires. Au surplus, après des récoltes riches de plantes de cet ordre, après colza par exemple, la réussite de la plupart des autres cultures est assurée, et, tout d'abord, les céréales d'hiver livrent ordinairement alors des produits élevés et rémunérateurs. C'est avec raison que le cultivateur s'enorgueillit de l'obtention de 4000 kil. de graine de colza à l'hectare fournie par des plantes de 6 à 8 pieds de hauteur; il prouve ainsi que, par un travail profond et soigné du sol et avec le concours d'une fumure intensive, il sait obtenir des terres des rendements supérieurs. Au surplus, des fumures abondantes ne doivent nullement dispenser de recourir aux engrais artificiels dans la culture du colza : leur action est toujours rémunératrice dans un sol approprié à la plante, si le terrain est bien ameubli sur une grande profondeur. Des engrais très solubles, renfermant, sous un état rapidement assimilables, l'azote et l'acide phosphorique, comme le guano du Pérou et les superphosphates, ou bien, ce qui est préférable, un mélange de ces deux corps (à raison de 200 kil. de chacun par hectare), ou encore le guano du Pérou dissous (200 à 400 kil.), ou la farine d'os préalablement fermentée sont

d'un excellent emploi, surtout si l'on veut concentrer dans le sol, au profit des cultures suivantes, une notable proportion d'acide phosphorique assimilable. La végétation du colza est alors opulente à toutes les périodes, et il franchit facilement la crise dangereuse qui succède à la levée du semis et où les intempéries et les insectes peuvent tant lui nuire. Certaines substances à odeur pénétrante peuvent d'ailleurs repousser les altises ; on peut citer particulièrement le goudron minéral et l'huile de schiste, que l'on associe, avant l'épandage, à de la terre meuble ou à de la sciure de bois. Dans ce but aussi, l'essai précis peut apporter un contingent de faits utiles.

9. Un dernier point important mérite d'être signalé : c'est que *le cultivateur ne doit pas se laisser arrêter par un insuccès dans la poursuite des expériences*. L'action des engrais concentrés sur deux terres voisines paraissant posséder la même composition peut être très différente. Un engrais, inactif d'abord, peut exercer au bout de quelques années, par suite des changements survenus dans la constitution élémentaire du terrain, une influence manifeste sur les récoltes.

L'action des engrais concentrés dépend sans aucun doute de la composition chimique et de la constitution physique du sol, et non exclusivement de sa *richesse absolue en matériaux alimentaires;* la condition dominante est surtout la *proportion relative* dans laquelle se présentent les corps nutritifs assimilables. Deux terres d'une composition primitive identique et renfermant, par exemple, des proportions égales d'acide phosphorique soluble et immédiatement assimilable peuvent manifester à l'application de certains phosphates, dans la culture d'une même plante, des résultats entièrement différents ; dans l'une, ils agiront favorablement, tandis qu'ils resteront entièrement inertes

dans l'autre. Il peut arriver, en effet, que l'une des terres renferme actuellement tous les éléments nutritifs dans la mesure relative assurant leur action au plus haut degré ; dans ce cas, l'augmentation *exclusive* de la quantité d'acide phosphorique sera sans effet utile sur l'élévation des rendements ; il n'en serait autrement que si l'on augmentait en même temps, en proportions convenables, les quantités des autres éléments indispensables. Si, au contraire, le champ voisin, d'égale richesse en acide phosphorique, a été soumis à un traitement cultural différent ou s'il a profité d'une fumure abondante d'engrais d'étable qui a modifié sa composition élémentaire, il peut y exister un excédent quant aux autres éléments : dans ce cas, l'aptitude productive du sol est momentanément déterminée par le minimum d'acide phosphorique existant. Si donc on augmente la proportion de celui-ci par un apport de farine d'os, de guano ou de superphosphate de chaux, on met en circulation une somme plus forte d'autres éléments jusque-là inactifs, c'est-à-dire que l'ensemble des agents qui forment la masse alimentaire végétale acquiert de meilleures proportions, et, en dernière analyse, l'importation d'acide phosphorique peut alors déterminer une progression très sensible dans les rendements.

Il est évident que le *mode de culture et de succession* des plantes introduites dans la rotation peut amener, pour un sol donné, dans le courant de peu d'années, un tel changement dans les quantités relatives des éléments utiles aux plantes, que certains engrais concentrés, autrefois peu actifs, exercent maintenant une action très prononcée. C'est ainsi que, par l'extension de la culture des plantes à racines puissantes, comme le trèfle et d'autres légumineuses, on modifie nécessairement l'état physiologique du sol. En effet, ces plantes puisent dans le sous-

sol de notables proportions de potasse et de chaux qui profitent à la couche arable superficielle, soit directement, par les débris qu'elles amènent vers la surface et qu'elles lui abandonnent pendant et après la période de végétation, soit indirectement, par l'enrichissement des fumiers après que le fourrage a traversé l'organisme animal dans l'alimentation; de plus, le sol s'enrichit sensiblement en matériaux organiques, en humus azoté. Avant ce changement cultural, l'acide phosphorique était peut-être d'une efficacité insensible, tandis que, par suite des modifications introduites dans la composition du sol, sous l'influence du nouveau régime, son emploi sera rémunérateur pour les céréales, voire même pour la pomme de terre et la betterave sucrière, à raison de l'exportation croissante en acide phosphorique qu'entraîne surtout la vente des grains.

Remarquons de nouveau que c'est dans les exploitations possédant des prairies riches qui ne reçoivent pas de fumures directes ou, du moins, d'engrais d'étable, qu'il semble tout particulièrement utile d'essayer l'emploi des *phosphates* dans la culture des *terres sous labour*. Quand même, dans ces circonstances, l'exportation en acide phosphorique qui a lieu par le grain livré au dehors serait contre-balancée par l'apport dû au foin des prairies, il y a nécessairement alors un enrichissement du sol en potasse et en azote, éléments dont on ne peut souvent tirer parti que par une majoration de l'acide phosphorique importé (voir p. 144).

Il peut aussi se faire, pendant une période plus ou moins longue, que l'acide phosphorique approvisionné dans le sol et livré à la circulation par la désagrégation et par les transformations incessantes soit fourni en quantité suffisante pour équilibrer les pertes dues à

l'exportation des denrées et à d'autres causes, et que le mélange le plus favorable soit constamment maintenu. Dans ce cas, il est naturel qu'une application d'acide phosphorique ne manifestera pas d'effet sensible. Mais la provision du sol peut s'épuiser et, au bout d'un temps plus ou moins long, devenir insuffisante pour couvrir complètement les pertes en acide phosphorique. Tandis qu'autrefois, par exemple, l'approvisionnement existant livrait annuellement peut-être 8 kil. de ce corps par hectare, il ne fournit plus actuellement, dans le même temps, que 6 kil. ou moins, et les rendements fléchissent dans le même rapport. Le moment est alors arrivé d'appliquer avec succès les engrais concentrés riches en acide phosphorique. Toutefois, le cultivateur prudent ne doit pas attendre une réduction évidente dans les produits pour procéder à l'importation de cet élément essentiel. Il importe de répéter de temps à autre des essais, même infructueux, sur une petite échelle, car l'influence d'un engrais sur la qualité des rendements devient souvent appréciable lors d'une observation attentive, en une seule année ou en deux années successives, tandis que, pour fixer exactement la hausse ou la baisse moyenne des rendements comparativement aux taux du passé, une période de dix ans, ou même plus, peut être nécessaire, à cause des grandes variations dues aux influences atmosphériques.

Les recherches dont nous nous sommes occupé dans ce chapitre peuvent être fécondes en résultats ; outre les avantages particuliers et la satisfaction que l'on retire d'observations exactes, on contribue sérieusement au progrès de l'industrie agricole et du bien-être général. Ce n'est pas se bercer d'un vain espoir de présumer que c'est par l'introduction et la fabrication en grand de matières fertilisantes actives, présentant toutes les

garanties désirables au point de vue de leur richesse réelle, que l'on arrivera avec certitude à une *agriculture essentiellement rationnelle.*

Nous nous sommes suffisamment étendu sur l'importance générale des engrais concentrés et sur le rôle qu'ils peuvent jouer dans chaque exploitation. Il reste maintenant à exposer quelques données pratiques que l'expérience a suggérées relativement à leur emploi, ainsi que les moyens et la voie à suivre pour augmenter et assurer leurs effets.

## CHAPITRE IX.

### VUES PRATIQUES SUR LE TRAITEMENT ET L'EMPLOI RATIONNEL DES PRINCIPAUX ENGRAIS CONCENTRÉS.

Le temps n'est plus où l'on craignait, lors de l'emploi d'engrais *facilement solubles*, ne pouvoir éviter des pertes importantes par le lessivage ou par l'évaporation et où l'on pensait que les eaux de drainage entraînaient des éléments essentiels. Nous savons maintenant que toute terre apte à la production végétale possède à un haut degré la propriété d'absorber les éléments nutritifs que les racines ont pour mission de transmettre à l'organisme, qu'elle les soustrait aux solutions aqueuses diluées et les fait passer sous un état qui s'oppose désormais à leur enlèvement par les eaux et à leur passage dans les couches profondes du sol, sans empêcher toutetois que les racines des plantes vivantes s'en emparent lentement et dans une mesure proportionnée aux besoins de la végétation. Les efforts du cultivateur progressiste tendent partout, d'une part, à mieux utiliser la provision d'éléments nutritifs que le sol recèle et à élever son aptitude productive naturelle, et, d'autre part, à mettre *rapidement en circulation* les matières alimentaires introduites par les fumures.

Ce dernier résultat ne peut être atteint que *par une association intime et uniforme des engrais aux couches supérieures, de manière à en provoquer la distribution dans toutes les directions;* on ne peut en attendre d'effets prompts et complets qu'à la condition de remplir strictement cette prescription. C'est à l'oubli de cette règle, trop souvent négligée dans la pratique, qu'il faut attribuer la nullité ou le peu d'action obtenu, parfois, de l'emploi des engrais concentrés; bien plus, leur application intempestive ou peu judicieuse peut exercer une influence nuisible.

La répartition rapide et uniforme des engrais concentrés dans la couche arable dépend souvent des conditions de leur emploi. Voici, à cet égard, les conditions principales à observer :

1° L'engrais doit être à l'état de *poudre aussi fine que possible et homogène.* Cette circonstance est si bien appréciée maintenant dans la pratique, que les engrais artificiels en gros grain ou simplement grossièrement concassés, n'étant plus demandés, ont presque complètement disparu du commerce dans les localités où l'on en faisait un grand usage. C'est avec raison que le cultivateur attache le plus haut prix à ce point et qu'il paie volontiers les engrais finement pulvérisés, à richesse égale en principes nutritifs, un prix double de celui qu'il accorde pour ceux à texture grossière. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'il y a lieu d'accorder la préférence à un engrais en gros grain (voir l'article *Superphosphates,* p. 230);

2° La répartition de l'engrais dans le sol est plus rapide et son action plus assurée s'il est, en tout ou en partie, immédiatement *soluble dans l'eau.* Dans ce cas encore, il importe qu'il soit finement pulvérisé et sec, et lorsque, par suite de ses propriétés hygroscopiques, l'engrais devient humide et se pelotonne, il est indispensable d'en

opérer la division avec soin avant d'en effectuer l'épandage. On peut aussi, alors, très avantageusement dissoudre ou délayer l'engrais dans beaucoup d'eau, notamment lorsqu'il est destiné à des prairies ou à être appliqué en couverture à des plantes-racines; toutefois, ce moyen ne peut être employé en grand;

3° Il est à conseiller et souvent même indispensable, lorsqu'il s'agit de répartir des engrais très concentrés, à action rapide, sur de grandes surfaces, d'en opérer préalablement le mélange avec une certaine quantité de *bonne terre fine et humeuse*. La terre peut être remplacée par de la sciure de bois ou, ce qui est préférable, par de la poussière de tourbe, surtout lorsque l'engrais absorbe l'humidité et s'agglomère en pelotes. Il faut généralement éviter l'emploi du plâtre, des cendres, des scories basiques, etc. On ne saurait apporter des soins trop minutieux *au mélange parfait* des engrais que l'on associe; dans ce but, comme aussi afin de séparer les pelotes agglomérées et de les diviser, on passe fréquemment à la claie l'engrais en préparation[1];

4° Lorsque l'épandage a eu lieu, il faut généralement opérer le mélange et la distribution de l'engrais avec le plus de soin possible au moyen des instruments aratoires.

---

(1) Il convient aussi de ne faire les mélanges que le moins de temps possible avant leur épandage. En effet, l'association, si fréquente en pratique, par exemple du superphosphate de chaux et du nitrate de soude, peut avoir pour conséquence une décomposition de l'acide nitrique de celui-ci et, conséquemment, des pertes en azote. C'est ce qui est à craindre lorsque le superphosphate a été mal préparé, qu'il est pâteux, riche en sulfate de fer et qu'il renferme un excès d'acide sulfurique. Le même inconvénient grave peut résulter du mélange de nitrate de soude avec du sulfate d'ammoniaque de mauvaise fabrication. (Observations de M. Petermann, confirmées par M. Andouard.)

(*Note du traducteur.*)

Il est à observer ici qu'un hersage très énergique ou un léger labour est souvent préférable à un hersage superficiel, même pour des engrais facilement solubles. En général, on doit s'efforcer de ne pas laisser l'engrais dans les couches superficielles; il importe de le distribuer, autant que possible, dans toute l'épaisseur de la couche arable.

Il est à remarquer, relativement au *champ* destiné à recevoir l'engrais, que :

1° Les engrais concentrés exercent l'action la plus favorable et la plus certaine dans les terres de *consistance moyenne*. Toutefois, les terres sablonneuses humifères sont généralement préférables, sous ce rapport, aux sols argileux, pourvu que les conditions climatologiques ne les rendent pas trop sèches. C'est particulièrement dans les terres fortes et imperméables qu'il faut veiller à obtenir une répartition uniforme et un mélange intime de l'engrais avec le sol arable. L'emploi des engrais concentrés dans la culture des terrains sablonneux a acquis une nouvelle importance depuis que l'on connaît les résultats donnés par les procédés appliqués par MM. Schultz, à Lupitz, et Rimpau, à Cunrau;

2° Le champ doit, autant que possible, être dans un état de *moyenne fertilité*, c'est-à-dire non épuisé par des récoltes antérieures ni fumé récemment au moyen d'engrais d'étable frais. Il faut cependant excepter de cette règle la culture du colza et généralement toutes les plantes industrielles qui, n'étant pas exposées à la verse, supportent de fortes applications d'engrais; on peut impunément associer les engrais concentrés à la fumure principale;

3° Ce n'est que d'*une manière exceptionnelle et seulement en cas de nécessité* qu'on les emploie en grand comme fumure complète, dans les terres dites épuisées

par exemple, dans l'espoir que leur influence se prolongera utilement pendant plusieurs années. Dans ces cas, il est tout au plus rationnel de faire alterner une fumure complète et une application d'engrais concentrés, si, d'ailleurs, le sol, étant de ténacité moyenne, est riche en humus et jouit de propriétés physiques favorables;

4° Avant tout, il importe que le sol *ne soit pas acide* et que le sous-sol ne souffre pas d'un excès d'humidité ni des eaux stagnantes. S'il n'en est pas ainsi, il faut d'abord l'assainir par le drainage ou autrement et attendre, par l'effet d'un contact prolongé avec l'air atmosphérique, que les propriétés acides aient été modifiées ou détruites;

5° Le champ doit être *bien travaillé* et exempt de mauvaises herbes. Des façons mécaniques soignées favorisent et assurent à un haut degré l'action bienfaisante des engrais concentrés; seul, le cultivateur diligent et soigneux recueille les plus grands avantages de leur emploi.

Examinons, en particulier, le mode d'emploi des principaux engrais artificiels :

1. Farine d'os. — Il est avantageux de n'employer la farine d'os qu'après l'avoir soumise pendant quelque temps à la fermentation; cela est spécialement indispensable lorsqu'elle n'est pas finement divisée. Mais l'opération doit être faite convenablement, sinon il peut y avoir des pertes en azote. Dans ce but, on la mélange d'abord avec un volume égal de bonne terre à laquelle on a ajouté 5 à 10 p. c. de plâtre fin et on arrose modérément la masse, accumulée en un tas conique dans un endroit protégé contre la pluie, avec de l'eau ou du purin. Elle reste en cet état recouverte de terre pendant huit jours, puis on en opère de nouveau le mélange avec soin; ensuite, elle est passée à la claie. On peut hâter l'action de l'engrais en le mélangeant à une certaine quantité de sciure de bois ou de bon fumier court de mouton ou de cheval.

Autrefois, la farine d'os était traitée sur une grande échelle par l'acide sulfurique pour obtenir un engrais à action plus rapide. La préparation de ce « superphosphate de farine d'os ou de farine d'os dissoute » a presque disparu depuis l'application de la vapeur à la fabrication des farines d'os; le produit est pulvérulent et plus rapidement efficace. L'action de la farine d'os dissoute n'est d'ailleurs légèrement supérieure à celle de la farine d'os obtenue par le traitement à la vapeur que sur les récoltes de mars; celle-ci est préférable pour les emblavures d'automne et généralement dans les terres humeuses ou acides. On falsifie la farine d'os par l'addition de cendre de tourbe tamisée, de plâtre, de brique pilée, etc., ou, plus récemment, à l'aide de déchets des fabriques d'ivoire : ces derniers sont cependant sans valeur fertilisante appréciable, car leur substance sèche ne renferme que 0,8 p. c. d'azote et 2,1 p. c. de cendres, c'est-à-dire que leur mélange n'introduit dans la farine d'os que de la matière organique très pauvre en azote et, de plus, très difficilement décomposable.

L'*épandage* de l'engrais, préparé comme il est dit plus haut, a lieu à la volée à raison de 400 à 600 kil. de farine d'os pure par hectare pour une bonne fumure supplémentaire; déjà à la dose de 200 à 400 kil., son influence est sensible pendant deux à trois ans. Il est *enterré* par un labour léger ou, tout au moins, par un hersage énergique; l'enfouissement doit avoir lieu avec le plus grand soin, particulièrement dans les terres sèches, sablonneuses.

On doit appliquer et enfouir la farine d'os *longtemps avant l'époque du semis,* en automne, par exemple, lorsqu'on la destine à une récolte de printemps. Celle obtenue par traitement au moyen de la vapeur exerce cependant des effets marqués lorsqu'on en fait seulement usage au prin-

temps, surtout si un temps chaud et humide favorise sa décomposition dans le sol.

La poudre d'os se montre souvent d'une efficacité remarquable et on doit en étudier l'influence même dans les sols riches. Son emploi est particulièrement avantageux pour les *céréales d'hiver;* cependant, on l'applique parfois très utilement aux céréales de printemps, ainsi qu'aux plantes-racines. Destinée à la culture des pommes de terre, il est indispensable, si l'épandage n'en a pas été opéré avant l'hiver, de mélanger la farine d'os à une certaine quantité de terre fine et de la déposer à la main au fond des fosses ou dans les sillons creusés pour recevoir les plants; on a remarqué que cet engrais améliore souvent d'une manière sensible la qualité des tubercules : ceux-ci acquièrent une chair plus dense et plus riche en fécule. Il n'est pas à conseiller d'appliquer directement la farine d'os au trèfle et aux fourrages verts; mais ces plantes en éprouvent d'excellents effets lorsqu'elle a été fournie en quantité un peu élevée à la culture précédente, à une céréale, etc.

En *terres récemment défrichées,* si déjà les conditions géognostiques du terrain n'autorisent pas à supposer que le sol n'est pas abondamment pourvu d'acide phosphorique, l'emploi de la farine d'os a souvent le meilleur succès et il faut la soumettre à l'essai, même lorsque le sol est riche en humus facilement décomposable.

Mais cet engrais est d'une efficacité particulièrement remarquable en *terres légères,* c'est-à-dire dans les sols sablonneux ou sablo-argileux meubles, tandis que les superphosphates sont, comme fournisseurs d'acide phosphorique, généralement à préférer dans les terres plus fortes.

La farine d'os mérite aussi de fixer l'attention lorsqu'on désire composer un bon engrais pour les *prairies.* Dans ce

but, on l'associe avec beaucoup de terre pour préparer un compost riche, auquel on incorpore de la chaux, des cendres, des détritus organiques, des déchets d'origine animale, etc., et que l'on répand sur le gazon de manière à appliquer l'équivalent de 200 à 400 kil. de farine d'os par hectare. Ce compost est répandu avec soin sur les prés pendant l'hiver ou de bonne heure au printemps; ses effets sont fréquemment apparents pendant plusieurs années.

Lorsque le cultivateur s'est assuré par l'expérience que la farine d'os est d'une efficacité rémunératrice dans la culture, il peut en tirer un parti très complet pendant tout le temps qui sépare deux fumures, en la mélangeant *aux fumiers de ferme pendant leur préparation*. Il faut la répandre de temps à autre sur les tas après l'avoir préalablement mélangée avec de la terre. Par là, non seulement toute la masse de fumier est améliorée, mais on hâte aussi la décomposition de l'engrais uniformément distribué sur une grande surface. Cette pratique est assurément rationnelle; on peut d'ailleurs, dans ce but, de même que dans la préparation des composts pour prairies, utiliser les farines d'os grossières et à bas prix du commerce. Toutefois, dans ces cas encore, et surtout dans toutes les autres circonstances, la farine d'os très finement pulvérisée mérite la préférence.

2. Superphosphates. — L'action des superphosphates sur la végétation est plus prompte que celle de la poudre d'os; elle cesse ordinairement au bout d'un à deux ans. Les fabricats de ce nom offerts par le commerce sont répandus sur les terres sans recevoir de préparation particulière; on peut cependant, pour obtenir une bonne répartition, les mélanger, au préalable, avec de la terre ou avec de la sciure de bois. En général, il faut éviter de recourir dans ce but à de la cendre, à de la chaux et à des

matières renfermant de la chaux vive ou du carbonate de chaux, qui diminuent la solubilité de l'acide phosphorique et, conséquemment, portent préjudice à sa facile diffusion et à la rapide action de l'engrais.

Il est d'une extrême importance que les superphosphates soient sous forme de poudre fine et homogène. Cependant, pour les terres légères, pour les sols sablonneux pauvres en calcaire, les superphosphates en poudre plus grossière, mais d'ailleurs bien préparés à tous les autres points de vue, paraissent parfois mériter la préférence sur ceux qui sont très finement pulvérisés.

Dans les terres légères et peu absorbantes (voir p. 67), on ne doit faire usage des superphosphates qu'avec circonspection et ne les employer qu'en petites quantités. Leur action est souvent peu rémunératrice dans les terres sablonneuses parce que l'acide phosphorique soluble de l'engrais s'y répand trop vite, s'y dilue, en quelque sorte, à l'excès et qu'il peut même être entraîné par les eaux. La même observation s'applique aux terres très riches en humus. Les bons effets des superphosphates ne sont pas non plus régulièrement assurés dans les terrains très calcaires, et ce pour une cause tout opposée : l'acide phosphorique y devient trop rapidement insoluble, sa répartition est entravée et il entre vraisemblablement dans des combinaisons (tribasiques) qui rendent son absorption plus difficile. Dans ces situations, il est avantageux de fournir l'acide phosphorique nécessaire sous forme de farine d'os ou de phosphate de chaux précipité, c'est-à-dire en combinaisons moins facilement solubles et cependant suffisamment actives.

Par contre, les superphosphates sont ordinairement d'une grande efficacité et d'un effet assuré dans les terres fertiles et propres à la culture intensive, dans les terres

argilo-sablonneuses de moyenne ténacité, dans les sols sablo-argileux et dans les sols argileux et marneux renfermant l'élément calcaire en proportion modérée.

Les engrais appelés *demi-superphosphates,* obtenus par l'emploi de faibles quantités d'acide sulfurique, n'ont pas donné les résultats espérés; ils faut les considérer comme formant un mélange de superphosphate ordinaire et de phosphate de chaux insoluble, c'est-à-dire peu actif.

Employés en *quantités trop faibles,* les superphosphates sont souvent de nul effet. On peut considérer comme minimum à appliquer par hectare la dose de 30 kil. d'acide phosphorique soluble dans l'eau. Généralement, ils sont utilisés dans une proportion telle, que l'on donne de 40 à 50 kil. d'acide phosphorique par hectare; dans une culture très intensive et spécialement pour certaines plantes (par exemple la betterave à sucre), on atteint 60, 100 kil. et même plus par hectare. Ces quantités correspondent respectivement environ à 210, 280-360, 430-700 kil. d'un superphosphate à 14 p. c. d'acide phosphorique.

L'*épandage* des superphosphates a souvent lieu au moment de la semaille, mais il est préférable de les appliquer quelques semaines plus tôt; ils ne donnent pas de bons effets en couverture, ni lorsqu'on les dépose dans les lignes de plantes. Même dans les meilleures terres, on ne peut simplement compter sur le concours de l'eau pour opérer une distribution satisfaisante de l'engrais soluble; il faut recourir aux *moyens mécaniques,* au labour, à des hersages profonds, etc., pour obtenir une répartition convenable. Néanmoins, il importe de ne pas trop se hâter et de ne pas répandre les superphosphates trop longtemps avant le moment où la végétation peut en tirer parti. En effet, ils ont généralement donné de meilleurs résultats sur des cultures de printemps, la betterave à sucre, par

exemple, lors de leur application *au printemps,* que si elle a lieu avant l'hiver.

De même que pour la poudre d'os, les superphosphates sont particulièrement efficaces dans la culture des *céréales* et des *racines.* Ils apparaissent même comme des engrais spécifiques pour les végétaux à racine charnue, spécialement la betterave à sucre; ils activent aussi d'une manière remarquable le développement des plantes oléagineuses. Partout, cependant, leurs effets sont plus marqués et plus assurés lorsqu'on les applique simultanément avec des engrais *riches en azote,* tels que le guano du Pérou, le nitrate de soude ou même le sulfate d'ammoniaque. Fréquemment, alors, le rapport adopté pour former le mélange est celui de 1 d'azote pour 2 d'acide phosphorique. L'*emploi exclusif* de l'acide phosphorique n'est en place que si le sol a reçu une fumure abondante d'engrais de ferme ou si le terrain est très riche et lorsque la verse est à redouter pour les céréales. On se dispense également d'appliquer un engrais azoté quand le sol est pourvu d'humus fertile; l'adjonction de sels potassiques au superphosphate est alors bien plus en situation. Cette dernière association est également à conseiller pour les *houblonnières* et les *vignobles,* ainsi que pour les fourrages verts et les prairies. Ce mélange est aussi des plus favorable au *trèfle :* cette précieuse plante prospère alors, même en terres sablonneuses, si l'acide phosphorique est fourni en quantité notable.

La *qualité* des produits récoltés est fréquemment modifiée de façon avantageuse par les engrais phosphatés. Le grain des céréales est plus parfait, l'orge vaut mieux comme grain à malter; leur paille, comme aussi les tiges des plantes fourragères, contiennent plus de substances protéiques, la teneur des tubercules de la pomme de terre en fécule et en matière sèche est plus élevée, la betterave est plus riche

en sucre; généralement aussi, la *maturation* de la plante entière est plus précoce. Cette précocité de développement est particulièrement intéressante à signaler pour des régions à climat rude, pour des terres tenaces ordinairement froides, ainsi que pour des plantes naturellement tardives, comme la betteraveà sucre et la pomme de terre. Par contre, une maturité trop prématurée est à craindre dans des conditions opposées, spécialement en terres sablonneuses, chaudes et sèches. Ces faits sont d'ailleurs connus. On sait dans les districts sucriers que les *betteraves* à arracher et à travailler au début de la fabrication, en septembre, doivent recevoir des engrais phosphatés à dose plus forte, afin que leur maturité soit plus précoce, c'est-à-dire que la racine ait une teneur centésimale en sucre plus élevée et qu'elle renferme moins de non-sucre. Les superphosphates améliorent aussi sensiblement la qualité des *pommes de terre,* même dans des conditions de sol et de climat peu favorables à cette culture.

L'influence dont il s'agit ici est telle, qu'elle justifie l'emploi de fortes quantités d'acide phosphorique sous forme de superphosphates, même lorsque le poids des rendements ne s'en ressent pas dans une mesure correspondante. L'efficacité de l'engrais est plus assurée encore lorsqu'il y a application simultanée de superphosphate et d'engrais azoté, spécialement si celui-ci consiste en nitrate de soude. C'est ce qui a été démontré, dans la province de Saxe, dans des cultures de pommes de terre sur fumure à l'engrais d'étable secondé par un mélange d'environ 40 kil. d'acide phosphorique soluble dans l'eau (environ 300 kil. de superphosphate à 14 p. c. d'acide) et de 16 kil. d'azote (100 kil. de nitrate de soude) par hectare; sans fumier de ferme, on double les doses de ces engrais.

Il n'y a généralement pas d'effet rémunérateur à attendre

des superphosphates dans des terres pauvres en humus, peu pourvues d'engrais, quand on n'emploie pas simultanément le nitrate de soude ou le sulfate d'ammoniaque. Enfin, il faut être circonspect dans l'emploi des superphosphates lorsque le sol est sec et sablonneux ou déjà riche en acide phosphorique, sinon on s'expose à avancer exagérément la maturité, favorisée déjà par les conditions du terrain, c'est-à-dire à déterminer une mort prématurée des plantes avec réduction sensible des produits, particulièrement chez les céréales.

*Superphosphates ammoniacaux.* — On les prépare en mélangeant les superphosphates avec du sulfate d'ammoniaque, associés selon les désirs des acheteurs. Leur teneur en azote et en acide phosphorique soluble est donc très variable; elle oscille, pour le premier, de 3 à 10 p. c. et, pour le second, de 8 à 16 p. c.

L'emploi de ces mélanges a pris une grande extension dans ces derniers temps; ils permettent de satisfaire des besoins croissants en engrais à action rapide, riches en azote et en acide phosphorique.

Il importe que le mélange des substances soit bien intime, qu'il se présente à l'état d'une matière pulvérulente homogène; l'action attendue de l'engrais serait compromise si le sel ammoniacal s'y présentait en gros cristaux ou en pelotes agglomérées. Indépendamment de cette qualité, le sol auquel l'engrais est destiné doit réunir certaines conditions à signaler, pour assurer l'efficacité de celui-ci. Il faut, notamment, qu'il soit suffisamment absorbant et un peu calcaire, afin que la transformation du sulfate, c'est-à-dire la conversion de l'ammoniaque en acide nitrique, soit assurée. L'action des sels ammoniacaux est, en général, favorisée par un sol meuble, poreux. Lorsque celui-ci ne possède qu'un faible pouvoir absorbant, il faut rechercher

s'il n'y a pas avantage à remplacer le sulfate d'ammoniaque par le nitrate de soude, abstraction faite de la question de savoir si, dans de telles conditions, l'utilisation exclusive de l'acide phosphorique à l'état soluble est bien en situation (voir p. 230).

Les superphosphates ammoniacaux ont une rapidité d'action qui prescrit de ne les employer pour des emblavures de printemps, notamment aussi pour betterave à sucre, qu'après l'hiver et non à l'automne; leur incorporation soignée à la couche arable, par le labour et par la herse, est indispensable. Il ne convient pas de les employer en couverture. Ils rendent de grands services dans la culture de la pomme de terre, à laquelle on les applique peu de temps avant la plantation ou au moment de celle-ci. Pour la betterave à sucre, le nitrate de soude et les superphosphates sont préférables.

Le sulfate d'ammoniaque brut renferme parfois un corps étranger, très vénéneux pour les plantes, le *rhodanammonium,* dont la présence est d'ailleurs facile à constater. Du reste, ce corps n'exerce pas d'influence nuisible lorsque l'engrais est répandu quelques semaines avant le semis; dans ce cas, le rhodanammonium est réparti dans le sol et décomposé avant la germination des graines. Sans cette précaution, la faible proportion de 0,5 à 1 p. c. du corps toxique dans le superphosphate ammoniacal peut nuire extrêmement.

*Superphosphates potassiques.* — Les mélanges de superphosphates et de sulfate de potasse ou, plus rarement, de chlorure de potassium sont d'une importance secondaire; la teneur en potasse varie de 8 à 10 p. c. et celle en acide phosphorique de 5 à 16 p. c. Dans la plupart des cas, il est plus avantageux de fournir ces deux éléments isolément au sol; on peut alors choisir les sels potassiques les plus

appropriés, ainsi que les moins coûteux et, ce qui est souvent à conseiller, les appliquer déjà à l'automne, tandis que les superphosphates sont plus utilement répandus au printemps, peu de temps avant l'ensemencement du champ auquel ils sont destinés.

Les considérations précédentes sont spécialement relatives aux superphosphates ordinaires, dont presque tout l'acide phosphorique est *soluble dans l'eau;* la proportion insoluble de ce corps s'élève à peine à 1 p. c. On prépare ces produits en faisant réagir une quantité suffisante d'acide sulfurique sur le charbon d'os, sur la cendre d'os importée d'Amérique, sur différents guanos riches en phosphates (voir ci-après) ou sur des phosphates minéraux divers. Parmi ces derniers, il faut citer l'apatite, que l'on importe surtout de Norwège (de Krageroe et de Snarum), d'Espagne (de la province d'Estramadure) et, dans les derniers temps, du Canada. En outre, depuis dix à vingt ans, beaucoup de gisements de phosphorites et de coprolithes ont été exploités dans le reste de l'Europe, notamment dans le duché de Nassau, sur la Lahn et sur la Dill, près de Helmstädt (dans le duché de Brunswick), près de Peine (dans le Hanovre), de Hörde (Westphalie), en Styrie, en Galicie, en Podolie, dans les départements du Lot, de l'Aveyron, de Tarn-et-Garonne (France), dans les environs de Cambridge et d'Ipswich (Angleterre), à Ciply (Belgique), etc. Ces gisements livrent des matériaux moins pourvus en phosphate de chaux que le charbon d'os et les guanos phosphatés et donnent généralement des superphosphates qui ne sont pas aussi riches; de plus, leur traitement industriel est rendu moins avantageux, parfois même impossible, par suite de la présence d'une forte proportion de carbonate de chaux. Cependant, les phosphorites de la Lahn, qui renferment ce dernier corps en quantité

moindre, sont utilisés déjà depuis longtemps à la fabrication de superphosphates[1].

Les *superphosphates de phosphorites* renferment, outre l'acide phosphorique soluble dans l'eau, une certaine quantité d'acide phosphorique dit *rétrogradé,* c'est-à-dire qui, soluble aussitôt après l'action de l'acide sulfurique, est redevenu insoluble sous l'influence de l'alumine et de l'oxyde de fer contenus dans la matière première. L'acide rétrogradé est, comme il vient d'être dit, insoluble dans l'eau, mais relativement facilement soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin (basique) à une température peu élevée. Quelques observations importantes sont à faire relativement à l'acide rétrogradé, dont la valeur a donné lieu à de longs débats; nous les résumerons en cinq points :

*A*. Les superphosphates résultant du traitement des phosphorites de la Lahn renferment 6,8 et, au maximum, 10 p. c. d'acide phosphorique soluble et 3 à 4 p. c. d'acide rétrogradé; à la longue, c'est-à-dire par la conservation en magasin, la proportion du rétrogradé augmente, tandis que celle du soluble diminue. Depuis quelque temps, on prépare, par un procédé d'extraction spécial, des superphosphates de haut titre ou superphosphates doubles, contenant 25 et jusqu'à 40 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'eau, renfermant aussi une certaine quantité, 4 à 6 p. c., d'acide rétrogradé;

*B*. Les recherches faites à ce sujet montrent que, dans beaucoup de cas, l'acide phosphorique rétrogradé est à

---

(1) Les phosphates belges que l'on emploie actuellement en quantités considérables à la fabrication du superphosphate sont, surtout, le phosphate riche de Mesvin-Ciply, celui du bois d'Havré et la craie grise épurée par différents procédés. La craie brute ne convient pas.

(*Note du traducteur.*)

peine d'une action inférieure sur la végétation à celle de l'acide soluble dans l'eau. Il en est surtout ainsi dans les terres sablonneuses légères et dans les sols calcaires légers, et spécialement dans les terrains de nature marécageuse. En ce qui concerne l'action dans les meilleures terres, dans celles qui permettent surtout une culture intensive, on peut conclure, des travaux entrepris presque partout depuis deux ans en Allemagne, que l'acide phosphorique soluble dans l'eau mérite parfois la préférence sur le rétrogradé; mais il importe de considérer que celui-ci et, plus encore, ce qu'on appelle le phosphate précipité (voir ci-après) réclament beaucoup plus d'attention qu'on ne leur en a accordé jusqu'ici (1);

*C.* Quant aux superphosphates de phosphorites *pauvres* en acide phosphorique, ils ne peuvent, jusqu'ici, concourir, notamment dans le nord de l'Allemagne, dans le Wurtemberg et en Bavière, — même en tenant compte de l'acide phosphorique total (*dissous, assimilable* ou *soluble dans le sol,* c'est-à-dire soluble dans l'eau ou dans le citrate d'am-

(1) Un certain nombre d'expériences, et notamment celles poursuivies par M. Petermann, établissent que, dans les engrais phosphatés, l'acide phosphorique soluble dans l'eau et l'acide phosphorique précipité bibasique ont la même valeur agricole, et que, d'après M. Grandeau, les phosphates naturels en poudre auraient une valeur de 5 p. c au plus inférieure à celle des deux autres. Cette dernière quasi-unification de valeur n'est pas suffisamment démontrée. Pour beaucoup de cas, selon M Petermann et un grand nombre de chimistes (MM. Fleischer, Maercker et Wagner, entre autres), l'acide phosphorique précipité (bicalcique) a non seulement une valeur égale à l'acide soluble dans l'eau, mais même une valeur supérieure. Pour le phosphate rétrogradé des superphosphates, les expériences, sans être décisives, prouvent cependant qu'il n'est plus admissible de négliger, dans la fixation de la valeur des superphosphates, la partie insoluble dans l'eau, mais soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin. (*Note du traducteur.*)

moniaque), — avec les fabricats obtenus par le traitement du charbon d'os ou des phosphates transatlantiques; leurs prix trop élevés sont portés à un taux de revient exagéré par les frais de transport et autres. Sur beaucoup de points, d'après les offres de l'industrie, le prix de l'acide phosphorique rétrogradé est facturé aux deux tiers de celui de l'acide soluble dans l'eau;

*D.* Les *phosphorites brutes, même très finement pulvérisées,* sont beaucoup trop lentement attaquées et dissoutes par les agents de dissolution existant dans le sol ordinaire, pour pouvoir être employées directement avec avantage à la fumure des terres. Il n'y a que dans les sols tourbeux et, généralement, dans les terrains riches en humus que l'on en a observé des effets favorables; l'addition, au fumier de ferme ou aux composts abondants en matières organiques, des phosphorites pulvérisées et des boues de phosphorites pauvres en acide phosphorique est assurément à conseiller. Ces matières, de très bas prix, sont, d'ailleurs, peu utilisables autrement;

*E.* Nous savons que la préparation, par la précipitation de solutions convenables, de combinaisons de l'acide phosphorique avec l'oxyde de fer et l'oxyde d'aluminium a fourni des phosphates dont quelques travaux ont montré l'efficacité sur la végétation. Il en est de même du phosphate de Kladno (*Kladnophosphate*), obtenu en Bohême comme arrière-produit dans le traitement par l'acide sulfurique des minerais de fer phosphatés, qui renferment parfois au delà de 30 p. c. d'acide phosphorique uni à l'alumine; mais les observations que nous possédons jusqu'ici ne permettent pas encore d'en apprécier exactement la valeur comme engrais. Les recherches les plus récentes faites à ce propos ont, il est vrai, représenté le phosphate d'alumine comme supérieur au phosphate de fer, mais l'un

et l'autre ont généralement été inférieurs aux phosphates monocalcique ou bicalcique(1). Dans quelques cas seulement, l'action du phosphate de Kladno a été presque égale à celle du phosphate de chaux précipité et des superphosphates; généralement, il faut, du premier, comme de tous les phosphates difficilement solubles et assimilables, une quantité double et même triple pour constater des effets égaux. Les substances humeuses (litière de tourbe, etc.) offrent le moyen de déterminer et de hâter l'absorption de l'acide phosphorique de ces combinaisons. Le *précipité de Nienbourg* consiste presque exclusivement en phosphate de fer.

3. Phosphate de chaux précipité. — On l'obtient à l'état plus ou moins pur, dosant 20 à 25 p. c. d'acide phosphorique et renfermant de l'eau en proportions variables, comme arrière-produit dans les fabriques de colle; on le prépare aussi accessoirement dans beaucoup de fabriques de produits chimiques. Son prix est fréquemment peu élevé. En général, ses effets sont identiques à ceux de la farine d'os; il importe tout particulièrement de le répartir avec beaucoup de soin sur les terres, ce que facilite son mélange préalable avec de la bonne terre ou avec de la sciure de bois; on l'enfouit à la herse ou par un labour.

Il est essentiellement formé de *phosphate de chaux tribasique* (phosphate tricalcique), peu soluble dans le citrate d'ammoniaque et d'un effet lent sur la végétation. Quant au *phosphate de chaux neutre* (bicalcique), il est beaucoup plus soluble dans le citrate alcalin et, ainsi que des

(1) Dans les recherches faites à la station agricole de Gembloux, on a constaté que le phosphate d'alumine et le phosphate de fer ont donné des rendements non seulement égaux, mais même supérieurs à ceux du phosphate de chaux précipité. (*Note du traducteur.*)

recherches directes l'ont montré, son efficacité comme engrais est beaucoup plus rapide; les efforts des fabricants doivent donc tendre, nous l'avons indiqué plus haut, à donner à ce corps un degré de pureté aussi élevé que possible. C'est ce qu'on réalise sans grande difficulté, ainsi que l'expérience l'a montré en France et en Belgique; les cultivateurs allemands lui accordent une faveur croissante. Le commerce garantit une teneur variant de 35 jusqu'à 42 p. c., c'est-à-dire qu'il s'agit de fabricats très riches et d'une valeur correspondante[1].

La fabrication industrielle du phosphate de chaux bicalcique opère sur des phosphorites pauvres en acide phosphorique, en Allemagne notamment sur les phosphorites de la Lahn, qui renferment peu de carbonate de chaux. C'est le moyen d'obtenir un engrais à bas prix et d'une action suffisamment prompte, dans la majeure partie des circonstances.

4. Scories phosphatées. — La déphosphoration des minerais de fer et de la fonte qui en dérive, par le procédé Thomas et Gilchrist, fournit des scories qui sont, après broyage, livrées à l'agriculture. Elles ont vivement attiré l'attention, comme moyen de fertilisation, dans le sud et dans le nord de l'Allemagne.

Les premiers essais précis de M. P. Wagner, en 1884, sur leur action avaient eu lieu au moyen de laitiers grossièrement pulvérisés et n'avaient donné que des résultats peu satisfaisants. Ces essais ayant été renouvelés en 1885, le même observateur constata que 2,5 kil. d'acide phosphorique de scories en poussière (diamètre de deux dixièmes

(1) Les phosphates précipités conviennent particulièrement en terres légères, en sols riches en matières organiques (terrains tourbeux, prairies basses, bois défrichés, landes). (*Note du traducteur.*)

de millimètre) avaient exercé, dès la première année, le même effet que 1 kil. d'acide phosphorique des superphosphates. Relativement aux quantités, c'est dans ce rapport qu'il convient d'employer les scories phosphatées lorsque l'acide phosphorique sous forme de superphosphate coûte trois fois autant que celui des scories.

L'emploi en grand des scories phosphatées bien pulvérisées a particulièrement donné des résultats favorables dans les terrains tourbeux, dans les prairies à sol riche en matières organiques, dans les terres sablonneuses et argileuses et généralement dans toutes celles qui sont pauvres en calcaire; ils ont été moins satisfaisants dans les sols très calcaires, bien qu'ils aient été marqués et avantageux. Partout, cependant, une teneur modérée du sol en humus assure l'efficacité de l'engrais.

Comme pour les phosphates en général, l'effet des scories phosphatées dépend fréquemment de l'application simultanée d'un engrais azoté ou phosphaté ou renfermant, à la fois, de l'azote et de la potasse. Il ne faut pas mélanger le nitrate de soude aux scories[1] ni les employer ensemble; il convient d'employer celles-ci longtemps avant l'ensemencement, de les répandre déjà à l'automne pour des terres destinées à être ensemencées au printemps, et de les enfouir vite et profondément, tandis que le nitrate est appliqué peu de temps avant ou au moment de la semaille; lorsqu'il s'agit de céréales d'hiver, notamment de froment, le nitrate est naturellement répandu aussi au printemps, c'est-à-dire en couverture. Il faut employer en scories phosphatées une quantité suffisante pour livrer au sol une

(1) Il ne faut pas non plus les mélanger au sulfate d'ammoniaque, car la chaux libre des scories produit des pertes sérieuses en ammoniaque (M. Petermann). (*Note du traducteur.*)

proportion d'acide phosphorique s'élevant, au minimum, au double de celle contenue dans le superphosphate en usage; cependant la moitié de cette quantité, soit 200 à 250 kil. de scories, peut déjà se montrer très efficace selon les expériences faites à Dahme par M. Fittbogen.

Les scories des usines allemandes renferment ordinairement 17 à 18 p. c. d'acide phosphorique garantis; il en est du moins ainsi pour la poudre phosphatée de Hoyermann, à Peine, et pour les scories pulvérisées d'Albert, à Bieberich. Elles contiennent, en outre, en moyenne, 48 p. c. de chaux (en partie à l'état de chaux vive), 9 à 10 p. c. d'oxydule de fer, 4 p. c. d'oxydule de manganèse, 5 à 6 p. c. d'alumine et oxyde de fer, 7 à 8 p. c. d'acide silicique, outre de faibles quantités de soufre et d'acide sulfurique. Par le procédé patenté de Scheibler, qui permet d'enrichir la scorie, la Société anonyme « Fertilitas », à Hörde (Westphalie), peut en fournir avec la garantie d'une teneur minimum de 24 p. c. d'acide phosphorique, dont le prix de vente est de 450 francs la charge de 10,000 kil. Malgré son bas prix, il n'est cependant pas permis de prétendre que l'acide phosphorique des scories pourra remplacer partout et avec avantage l'acide phosphorique, soluble ou précipité; la production indigène n'y suffirait pas, même en admettant que l'Allemagne produise annuellement 200 millions de kil. de scories, ce qui représenterait, à 17,5 p. c. d'acide, 35 millions de kil. d'acide phosphorique.

Le *précipité Thomas* s'obtient en traitant les scories phosphatées par l'acide chlorhydrique et en neutralisant ensuite la solution par un lait de chaux. Le phosphate précipité obtenu est recueilli par décantation, lavé et séché; il renferme 27 à 35 p. c. d'acide phosphorique, dont 28 à 29 p. c. à l'état bicalcique, c'est-à-dire soluble dans le citrate et, conséquemment, promptement actif. Indépen-

damment de son emploi direct, ce précipité peut avantageusement être mélangé à du sang desséché et à de la farine de viande, ainsi qu'à diverses matières azotées d'origine animale, telles que des poils, des déchets de laine, des raclures de cornes convenablement préparées. Ce phosphate bicalcique serait peut-être très avantageusement employé à la fabrication de poudrettes et d'urates phosphatés; il est vrai qu'il ne pourrait, dans ce but, remplacer entièrement les superphosphates, qui possèdent un pouvoir fixateur de l'ammoniaque faisant défaut au phosphate précipité.

5. Guano du Pérou. — Les guanos des îles Chinchas, importés du Pérou, renfermaient, au début, 14 p. c. d'azote et 12 p. c. d'acide phosphorique. Lorsque ces gisements furent épuisés, on en exploita d'autres, découverts dans diverses îles et en différents endroits de la côte péruvienne, mais beaucoup plus pauvres en azote. Les guanos du Pérou provenant des îles Lobos, Huanillos, Pabillon de Pica et de la baie de l'Indépendance ont une composition très variable; la proportion d'acide phosphorique s'élève de 10 à 16 p. c. et la teneur en azote varie de 5 à 8 p. c. Ces engrais renfermant souvent des rognons plus ou moins volumineux et n'ayant, pendant longtemps, pas été vendus avec garantie de richesse, le discrédit a frappé les guanos bruts du Pérou. Leur emploi direct comme engrais a, dès lors, beaucoup perdu, surtout à la suite de la fabrication du guano dissous (voir ci-après), de composition bien homogène et vendu avec garantie de richesse.

Cependant, le guano brut du Pérou commence à reconquérir son ancienne faveur, depuis que les consignataires le livrent débarrassé des impuretés sans valeur, finement moulu et avec une garantie de richesse variant de 4 à 7 p. c. d'azote pour 14 à 20 p. c. d'acide phosphorique, rapport très favorable pour beaucoup de cultures. Par là, le culti-

vateur est dispensé du travail de pulvérisation et de tamisage auquel il devait autrefois soumettre l'engrais acheté. La potasse contenue dans les guanos, dont la proportion s'élève à environ 3 p. c., n'est pas portée en compte ; il est cependant incontestable qu'en terre sablonneuse pauvre en potasse, et en sol calcaire, une partie des effets du guano doit être attribuée à ce corps. Quoi qu'il en soit, les arrivages de guanos ont considérablement diminué à Hambourg et à Harbourg depuis quelques années; mais il y a eu une certaine augmentation à Rotterdam.

Comme *fumure complémentaire*, on emploie généralement le guano à la dose de 200 à 300 kil. par hectare; de petites quantités exercent souvent encore des effets très favorables. On le mélange préalablement avec un volume double ou triple de terre fine et on procède à l'épandage quand l'air est calme, la répartition se faisant alors avec plus de régularité. Il importe aussi d'exécuter l'opération par un temps qui promette la pluie, le concours de celle-ci secondant vigoureusement l'action du guano.

On le répand fréquemment peu de temps avant la graine et on l'enfouit avec elle. Mais il est préférable, ainsi que l'expérience l'a démontré, de l'enterrer profondément : l'action de l'acide phosphorique est plus assurée et plus rapide et le dégagement d'ammoniaque, même en terres légères et calcaires ou récemment marnées, est empêché. Son mélange intime au sol, par des façons soignées, est indispensable; c'est pourquoi son emploi en couverture n'est guère à conseiller. On peut l'appliquer aux terres avant ou après l'hiver; toutefois, même pour des cultures de printemps, l'emploi à l'*automne* offre généralement plus de garanties de réussite et il est particulièrement à conseiller d'opérer ainsi lorsqu'on se propose de faire suivre

cette fumure de l'application, au printemps, d'une faible quantité de nitrate de soude.

En général, les terres d'une nature trop exclusivement argileuse ou sablonneuse sont peu favorables à la culture intensive et à l'emploi lucratif des engrais chimiques. De tous les engrais concentrés, le guano du Pérou est celui qui convient le mieux à la plupart des terres; toutefois, il faut éviter d'en faire usage dans les sols acides ou souffrant d'une humidité stagnante. C'est en terres sablo-argileuses, bien travaillées et perméables, que son action est surtout favorable. Cependant, employé avec précaution, il favorise parfois très remarquablement la végétation dans les sols sablonneux, lorsque le temps n'est pas trop sec; le défaut d'humidité entrave singulièrement ses effets.

On ne peut compter sur tous les effets utiles du guano, comme, généralement, de tous les engrais actifs, que si le sol destiné à le recevoir est *parfaitement préparé* et débarrassé de toute végétation parasitaire; sinon, il peut arriver que les herbes adventices dominent et étouffent complètement la plante cultivée.

Le guano du Pérou exerce d'excellents effets sur les *céréales,* surtout lorsqu'on le répand à l'automne pour des céréales d'hiver. Les céréales de printemps, la betterave à sucre, les plantes oléagineuses, ainsi que les plantes textiles se montrent également très reconnaissantes d'une application de guano. Relativement au *colza,* quelque abondante qu'ait été la fumure à l'engrais d'étable, on ne devrait pas négliger d'appliquer, lors du semis ou peu de temps auparavant, une petite quantité de guano (100 à 200 kil. par hectare), afin surtout de permettre aux jeunes plantes de traverser rapidement la première période de leur développement. Lorsque l'expérience a montré qu'il y a avantage à employer le guano à forte dose (400 kil. et plus),

c'est surtout au colza qu'il faut le consacrer; il assure non seulement la réussite de la culture qui le reçoit, mais aussi la prospérité de celle qui succède au colza.

On l'applique aussi avec grand succès à la pomme de terre; mais il importe de s'en servir convenablement, sinon la qualité des tubercules peut s'en ressentir très défavorablement. On ne peut le déposer au fond des fosses qu'en petites quantités et après l'avoir mélangé à de la terre; il est toutefois préférable de le répandre à la volée sur le champ et de l'enterrer avec soin et assez profondément avant la plantation. En sols légers, en un mot dans les terres à pommes de terre on limite la dose à 200 kil. par hectare.

Le guano du Pérou donne souvent de beaux résultats dans la *culture maraîchère*, spécialement quand on l'applique aux choux et aux légumes verts en général; on en prépare alors volontiers une solution en délayant le guano dans de l'eau, dont on arrose les plantes par un temps frais ou couvert, et en évitant que le liquide n'entre en contact avec les feuilles ou les tiges; des binages soignés doivent suivre cette application. Le guano ne se montre pas suffisamment efficace et sûr pour le *trèfle* et les *légumineuses*. S'il agit sur les *prairies* d'une manière sensible, il est rare que son emploi soit économique, parce qu'il ne peut pas être mélangé au sol et qu'il favorise trop exclusivement le développement des graminées.

Le guano du Pérou traité par l'acide sulfurique, appelé *guano dissous, superphosphate de guano,* renferme les deux éléments essentiellement actifs du guano — l'azote et l'acide phosphorique — sous une forme plus soluble et, conséquemment, plus efficace que le guano brut. Pour des emblavures d'été, on le répand et on l'enfouit *au printemps*. avant l'ensemencement ou lors du semis.

L'emploi considérable de guano dissous constaté dans les dernières années, et qui a fait repousser celui du guano brut, se justifie complètement. Il faut, en effet, observer que, indépendamment de l'homogénéité physique et chimique de l'engrais, le guano dissous se trouve amélioré dans l'état de ses composants par l'action de l'acide sulfurique. Déjà le guano brut renferme 60 p. c. de son acide phosphorique à l'état soluble dans le citrate d'ammoniaque et le reste s'y présente sous une forme assez favorable à l'assimilation, mais améliorée encore par l'action de l'acide sulfurique; il n'y a pas de changement essentiel pour l'azote. On a même fréquemment observé qu'en terres sablonneuses, et surtout pour les terrains très pauvres en chaux, le guano brut est supérieur au guano dissous. Au surplus, ce dernier est en concurrence sérieuse avec les superphosphates ammoniacaux; néanmoins, à titre égal en azote et en acide phosphorique, un prix de revient plus élevé de ces deux éléments ne se justifie, pour le guano, qu'à raison d'un mélange extrêmement parfait des éléments constituants, mélange irréalisable même par les opérations mécaniques les plus attentives. Cet avantage du guano dissous disparaît naturellement lorsqu'on enrichit le guano brut en azote au moyen de sulfate d'ammoniaque, ce qui a lieu assez fréquemment.

6. Guanos phosphatés. — Il a été expédié, il y a quelques années, en Allemagne, d'énormes quantités d'un guano phosphaté originaire des îles Baker, situées au voisinage de l'équateur, dans la mer du Sud. Après l'épuisement de ces premiers gisements, on en a exploité d'autres, dont les produits ont été exportés sous l'ancien nom de guano Baker; les îles Jarvis, Howland, Malden, Phénix, Starbuk, Enderbury, Raza, etc., sont des sièges d'extraction plus ou moins récents.

Tous ces guanos paraissent être formés par les excréments, plus ou moins lavés, d'oiseaux marins. Ils consistent presque exclusivement en phosphate de chaux basique renfermant 33 à 40 p. c. d'acide phosphorique; ils sont, en partie, à l'état pulvérulent; d'autres fois, en agglomérations d'une dureté pierreuse. Ce phosphate provient de l'enrichissement d'une couche de carbonate de chaux phosphaté par des eaux chargées d'acide carbonique qui, dissolvant lentement le carbonate de chaux, ont laissé comme résidu le phosphate. Un phosphate analogue, mais toujours en poudre assez fine, est expédié de la côte de Bolivie (Amérique du Sud) sous le nom de guano des Mejillones; il a eu un grand débouché en Allemagne.

Ces guanos ne sont qu'exceptionnellement appliqués aux terres à l'état brut, parce que leur acide phosphorique n'est pas assez promptement assimilable. On les traite par l'acide sulfurique, pour en préparer des superphosphates de haut titre; toutefois, ils sont surpassés, quant à leur richesse en acide phosphorique actif, par les superphosphates doubles obtenus en traitant les phosphorites de la Lahn (voir ci-dessus). La faible proportion d'azote contenue dans ces guanos phosphatés (0,5 à 0,75 p. c.) ou dans les superphosphates (0,25 à 0,33 p. c.) résultant de leur traitement, entre d'autant moins en ligne de compte que cet élément s'y présente en combinaison organique fixe et qu'il n'est point ou seulement très lentement utilisé par les plantes.

Les phosphates de Sombrero et de Navassa, très riches en acide phosphorique (35 à 36 p. c.), sont des phosphorites minéraux renfermant, comme ces derniers, des quantités variables d'alumine, d'oxyde de fer et de carbonate de chaux; il en résulte que les superphosphates que l'on en prépare ont, à un certain degré, la propriété de rétrograder.

7. Substances diverses d'origine animale. — Au nombre des matières fertilisantes dont la composition et les effets sont analogues à ceux de la farine d'os ordinaire se présente, en premier lieu, la *farine d'os de Fray-Bentos,* renfermant 4 à 5 p. c. d'azote et 15 à 20 p. c. d'acide phosphorique. Elle est ordinairement à l'état de poudre très fine et, à identité de conditions d'emploi, d'une efficacité plus prompte que la farine d'os ordinaire, qui renferme moins d'azote. Les mêmes observations sont applicables à l'engrais dit *farine de viande,* expédié du sud de l'Amérique et aussi appelé *guano de Fray-Bentos,* dosant 6 à 7 p. c. d'azote et 10 à 15 p. c. d'acide phosphorique. Ces engrais sont parfois traités par l'acide sulfurique et, ainsi, rendus solubles ; certains fabricants y ajoutent peu rationnellement du sulfate d'ammoniaque. On prépare sur quelques points, en Allemagne, une farine de viande de semblable richesse, au moyen de la viande et des os des animaux abattus.

Le *guano de poissons,* originaire de Norwège, renferme 8 p. c. d'azote et 12 à 14 p. c. d'acide phosphorique. Il convient surtout pour céréales d'hiver, en terres légères, auxquelles on l'applique à l'automne; il est généralement en place partout où les superphosphates et les sels ammoniacaux ne le sont pas et où il est désirable d'obtenir des effets plus prompts que ceux que l'on peut attendre de la farine d'os traitée par la vapeur. La composition du *guano de baleine* ou *guano polaire* diffère peu de celle du précédent. Lorsqu'on a l'occasion d'utiliser les *déchets de harengs salés,* il faut, avant leur emploi, les laver à l'eau, afin d'éviter les conséquences nuisibles d'un excès de sel; après lavage, ils renferment environ 5 p. c. d'azote et 7 p. c. d'acide phosphorique.

Le *sang desséché* ou *farine de sang* exerce une action

beaucoup plus rapide; pur, il renferme 12 à 15 p. c. d'azote et seulement 0,5 à 1 p. c. d'acide phosphorique. Le sang est parfois associé à des os frais et le mélange est soumis à l'action de l'acide sulfurique, pour préparer des superphosphates azotés, qu'il importe de bien sécher. On traite de même les déchets des ateliers où l'on travaille la corne; souvent aussi, ces débris très azotés sont livrés au commerce après simple pulvérisation (*corne moulue*). On peut attendre de l'azote de ces produits une action analogue à celle de la matière azotée de la farine d'os traitée à la vapeur et même du sulfate d'ammoniaque ou du nitrate de soude; mais il retarde fréquemment la maturation des récoltes d'une manière plus sensible que les deux derniers.

La *triméthylamine,* obtenue depuis peu en notable proportion, surtout dans la fabrication des alcools de mélasse, donne, appliquée aux terres, des effets se rapprochant de ceux des engrais prénommés.

Le *cuir moulu,* bien que renfermant 6 à 10 p. c. d'azote, est de faible valeur; sa décomposition dans le sol est trop lente, surtout lorsqu'il a été obtenu au moyen de vieux cuir préalablement grillé afin d'en faciliter la pulvérisation. On hâte l'action du cuir en le soumettant à une fermentation avec de l'urine ou bien lorsque, après l'avoir traité par l'acide sulfurique, la solution est consacrée à l'attaque de matières phosphatées.

Les *chiffons de laine,* les *déchets de laine,* les *poils* des tanneries et autres déchets industriels plus ou moins riches en azote conviennent surtout à la préparation des composts. Lorsque la proportion de matières terreuses, sable, etc., est faible, on peut les soumettre à l'action de la vapeur sous pression ou les traiter par une solution appropriée, afin de les réduire en une poudre à laquelle on peut utilement associer du phosphate de chaux. La *poussière de laine*

renferme, suivant qu'elle est plus ou moins salie de terre, 1,5 à 5,5 p. c. d'azote.

8. Nitrate de soude (salpêtre du Chili). — Ce sel a acquis depuis quelques années une extrême importance dans la culture intensive. Les beaux résultats des expériences directes entreprises sur ce corps dans la province de Saxe n'ont pas peu contribué à déterminer l'agriculture de cette région à en introduire annuellement d'énormes quantités. Sans doute, on savait depuis longtemps — et les élevages dans des solutions aqueuses ont confirmé le fait — que la plante absorbe essentiellement la nourriture azotée qu'elle réclame sous forme de nitrates. On connaissait aussi l'influence favorable due à l'application du nitrate de soude à des céréales; mais on redoutait les fortes doses, dans la crainte qu'une partie de cet engrais assez coûteux ne fût perdue pour la culture; le nitrate de soude n'est pas absorbé et fixé par les particules terreuses et on ne connaît pas le moyen d'éviter le lavage ou l'entraînement trop rapide du sel dans les profondeurs. Mais ces craintes sont exagérées; tout au moins les pertes ne sont pas de nature à rendre l'emploi du salpêtre du Chili non rémunérateur. D'autre part, l'action du nitrate de soude est, à emploi de doses égales d'azote, souvent supérieure à celle du sulfate d'ammoniaque. Les propriétés et le mode d'action du nitrate de soude obligent cependant à observer quelques précautions, que nous indiquerons.

Avant tout, il importe d'observer que le nitrate de soude est un engrais extrêmement actif et agissant exclusivement par son azote (15 à 16 p. c.). Contrairement à ce qui est fréquent pour les phosphates, le salpêtre du Chili exerce ses effets dès la première année. Il y a plus : le nitrate de soude met rapidement en activité la « vieille force » et on s'expose au danger d'un épuisement rapide du

sol si l'on ne veille, sous tous les rapports, à une restitution suffisante d'éléments nutritifs. Il n'est permis d'employer le nitrate de soude *seul* que si l'on est assuré que les autres agents nutritifs, et tout particulièrement l'acide phosphorique et la potasse, comme conséquence du traitement cultural suivi, existent, en quelque sorte, en excès. La règle à suivre est d'*appliquer le nitrate de soude simultanément avec des phosphates à action rapide,* notamment avec des superphosphates, ou, du moins, de livrer ceux-ci peu de temps auparavant.

Le nitrate de soude *prolonge fréquemment la période de végétation* et conséquemment *retarde l'époque de la maturation;* il peut en résulter un développement imparfait du grain ou, s'il s'agit de plantes-racines, une diminution de qualité, lorsqu'on ne contre-balance pas ce désavantage par un emploi convenable de phosphates (voir p. 232), dont l'action se fait sentir dans un sens inverse. Plus on cherche à élever les récoltes par le secours d'une forte application de nitrate de soude, plus les quantités de phosphates à fournir au sol doivent être augmentées si l'on veut, en même temps, assurer la qualité des produits. Il faut naturellement être circonspect à cet égard lorsqu'il s'agit de terres froides, paresseuses, s'il nous est permis d'employer cette expression, et sous un climat rude. D'autre part, les céréales, surtout les céréales d'été, dont on active la végétation au moyen du nitrate de soude, doivent être semées clair ou en lignes écartées, afin d'éviter la verse; s'il s'agit de betteraves à sucre, on rapproche les plantes, sinon on s'expose à récolter des racines volumineuses laissant à désirer comme matière première pour la fabrication.

Il est non moins indispensable, pour éviter l'action nuisible du nitrate de soude, c'est-à-dire un développement trop luxuriant des plantes, de ne pas l'appliquer *trop tard.*

Parfois, même pour des emblavures de printemps, on le répand en deux fois, soit la moitié de la dose avant et le reste après l'hiver; en général, cependant, l'épandage au printemps est préférable, mais il faut qu'il ait lieu de bonne heure, avant la semaille, dès que le sol est suffisamment ressuyé. La fumure en couverture, au printemps, des emblavures d'automne doit également être opérée le plus tôt possible et en une seule fois. On nuit généralement à la croissance normale des plantes en renouvelant les applications de nitrate; en tous cas, on s'en abstient lorsque le tallement des céréales a cessé et que le chaume commence à apparaître.

De même que d'autres sels très solubles dans l'eau, mais à un degré particulièrement élevé, le nitrate de soude a la propriété de *conserver le sol dans un état d'humidité* ayant pour conséquence fréquente la formation d'une croûte dure à la surface du terrain. Cette action est déjà manifeste à la suite de l'application de petites quantités de nitrate. Il est essentiel de lutter contre elle, en binant ou hersant le terrain, de façon à tenir le sol meuble, qu'il s'agisse de plantes-racines ou de céréales. Lors d'applications abondantes et réitérées de nitrate de soude dans un terrain déjà naturellement humide, le sol peut même prendre des caractères rappelant ceux des situations marécageuses et les rendements des cultures peuvent en souffrir notablement.

Il faut donc être prudent lorsqu'il s'agit de terres froides ou situées sur des hauteurs peu favorisées du soleil. Cet engrais agit, d'ordinaire, remarquablement *en sols sablonneux et en terres calcaires,* où on ne peut l'employer qu'à dose modérée et à la condition que l'acide phosphorique nécessaire ne fasse pas défaut. Une petite quantité de nitrate de soude, répandue au printemps et suivant une

forte application, à l'automne, de farine d'os est ordinairement d'une action très marquée. On n'emploie les quantités maxima de nitrate que dans les meilleures terres, soit donc en sols argilo-sablonneux, sablo-argileux ou dans les sols marneux profonds, humeux, propres à la culture la plus riche.

Faisons remarquer, en abordant l'examen spécial des espèces cultivées, que les effets du nitrate de soude et généralement de tous les engrais azotés sont d'autant plus prononcés que la plante qui les reçoit est plus pauvre en azote. Nous avons déjà dit, relativement aux *céréales d'automne,* qu'il faut répandre le nitrate au printemps, le plus tôt possible, en mars ou, au plus tard, dans les premiers jours du mois d'avril; il suffit d'appliquer 100 à 200 kil. (en terres légères, notamment, 100 à 150 kil.) pour stimuler activement la végétation. Il n'est pas encore permis d'affirmer si, comme d'aucuns le prétendent, les froments obtenus sur nitrate livrent une farine moins propre à la boulangerie. Pour *céréales de printemps,* on procède à l'épandage du nitrate lors de la semaille ou peu de temps auparavant; s'il ne peut en être ainsi, il est préférable de s'abstenir, à moins que l'application n'ait lieu immédiatement après le semis. Lorsque celle-ci est tardive, on récolte beaucoup de paille et peu de grain, même des céréales d'hiver, quelle que soit la richesse du sol en acide phosphorique. L'avoine obtenue sur nitrate livre au battage un grain abondant et riche en matières protéiques; enfin, il faut modérer les doses en engrais azotés pour les orges de brasserie, dont le grain doit être surtout amylacé et pauvre en azote.

Le nitrate de soude appliqué tôt au printemps rend fréquemment des services dans la culture du *colza;* son emploi n'est pas ou n'est que peu rémunérateur sur *les légu-*

*mineuses* et les plantes fourragères en général, telles que le trèfle, la luzerne, le sainfoin; le pois et la féverole restent insensibles à une application de salpêtre du Chili. Son action est marquée sur le *houblon,* dont le produit est augmenté, mais la qualité des cônes peut en souffrir, comme généralement de l'usage d'engrais très azotés, excréments humains et autres, lorsque le sol n'est pas suffisamment pourvu d'acide phosphorique. Il favorise remarquablement, mais trop exclusivement, la végétation des graminées dans les *prairies*, ce qui déprécie la qualité du fourrage et rend problématiques les avantages du nitrate de soude dans les sols engazonnés.

La croissance de la *pomme de terre* est très favorisée par le nitrate de soude. Pour cette plante, l'emploi exclusif du nitrate offre moins d'inconvénient que pour la betterave à sucre; la qualité des tubercules en souffre moins que celle de la racine sucrière, pour autant qu'on répande l'engrais à l'époque de la plantation et non en couverture; dans ce dernier cas, il y a une dépression marquée de la richesse en fécule. On limite la dose à 200 ou à 300 kil. par hectare; son action sur la formation des tubercules est toutefois beaucoup plus assurée lorsque, en même temps ou déjà à l'automne, on complète la fumure par 40 à 50 kil. d'acide phosphorique. Le nitrate de soude marque aussi ses effets lorsque la pomme de terre a reçu une fumure à l'engrais de ferme, tandis que, en pareille circonstance, le sulfate d'ammoniaque reste ordinairement sans efficacité.

On possède beaucoup de renseignements précis au sujet de l'usage du nitrate dans la culture de la *betterave à sucre.* En général, l'emploi de l'engrais au printemps, avant le semis, donne de meilleurs résultats que l'application à l'automne. Ce n'est que lorsqu'il y a lieu de recourir à des doses maxima dépassant, par exemple, 400 kil.

par hectare, qu'il convient, pour allier la qualité à la quantité des produits, d'en répandre environ le tiers à l'automne. En bon sol à betterave, on obtient assez fréquemment des effets proportionnellement meilleurs de l'emploi de 400 kil. que de 200 kil., mais il est de toute nécessité de répandre l'engrais très tôt au printemps, et non au moment de la semaille; simultanément, il faut donner 400 à 1000 kil. de superphosphates riches pour recueillir des produits abondants et de haute richesse saccharine. L'appareil foliacé de betteraves normalement développées a atteint sa complète croissance dans la première quinzaine du mois d'août, tandis que de fortes doses d'engrais exclusivement azotés entretiennent la végétation de la plante jusqu'en octobre. Dans ce dernier cas, la teneur en sucre de la racine est faible et l'on a même prétendu que la conservation en silo est moins assurée, ce que des observations nouvelles ne confirment pas. En tous cas, ces conséquences sont évitées par l'application d'un engrais phosphaté; une proportion d'acide phosphorique égale au double de celle d'azote est fréquemment adoptée. On considère presque partout, dans les districts à betterave du nord de l'Allemagne, que l'épandage au printemps d'un mélange de nitrate de soude et de superphosphate est indispensable pour assurer une récolte rémunératrice sous tous les rapports. Le sulfate d'ammoniaque est inférieur au nitrate de soude, pour la betterave comme pour la pomme de terre, lors de la fumure de printemps; mais le premier de ces engrais azotés, répandu à l'automne, donne souvent les mêmes effets que le salpêtre du Chili : parfois, ils sont supérieurs. Pour toutes les autres plantes-racines, betterave fourragère, carotte, etc., le nitrate est aussi d'un bon emploi; mais, ces cultures étant souvent faites sur fumure fraîche à l'engrais d'étable,

il est généralement préférable de donner le supplément éventuellement nécessaire sous forme de phosphate que par un engrais azoté.

9. Sulfate d'ammoniaque. — La quantité de nitrate de soude employé aux usages agricoles a singulièrement dépassé, depuis quelques années, celle de sulfate d'ammoniaque; celui-ci est surtout consacré à la préparation des superphosphates ammoniacaux (voir p. 233). Cet état de choses, d'ailleurs susceptible de changement à bref délai, ne doit pas faire dédaigner le sulfate d'ammoniaque, produit de fabrication nationale, tandis que le nitrate de soude vient du dehors.

Dans beaucoup de circonstances, les effets de ces deux engrais sont, à apport égal en azote, presque identiques, ainsi qu'on le reconnaît dans le guano du Pérou dissous, engrais conservant un prix relativement élevé et dont presque tout l'azote est sous forme d'ammoniaque. Le sel ammoniacal mérite même la préférence partout où l'action de l'engrais azoté ne doit pas être particulièrement rapide, mais lorsqu'elle doit plutôt s'exercer lentement et régulièrement pendant toute la durée de végétation de la plante. C'est le cas, par exemple, quand l'application de l'engrais a lieu à l'automne, avant l'ensemencement des emblavures d'hiver, comme aussi lorsque le sol est très sablonneux et très perméable, et quand, le terrain n'étant pas très humeux, on applique simultanément de l'acide phosphorique précipité devenant peu à peu, mais suffisamment vite, disponible pour la végétation.

C'est grâce à la concurrence du sulfate d'ammoniaque que le prix du nitrate de soude se maintiendra dans l'avenir à un taux modéré, abordable pour un emploi agricole rémunérateur. La production du sulfate est rapidement progressive en Allemagne. Tandis que, jadis,

on ne tirait ce corps que des usines à gaz, on l'obtient aujourd'hui en grandes masses comme produit secondaire dans les hauts fourneaux, etc. Si l'on parvient — et tout autorise cet espoir — à rendre l'azote des déjections humaines utilisable sous forme d'ammoniaque (voir p. 183), la consommation du nitrate de soude diminuera et, en même temps, le montant considérable de la somme payée annuellement, de ce chef, aux pays transatlantiques.

10. Sels de potasse. — La découverte, au commencement de l'année 1860, de puissants gisements de sels potassiques aux environs de Stassfurt (Prusse) et à Leopoldshall a fait naître l'espoir que leur emploi rendrait à l'agriculture des services analogues à ceux obtenus des engrais azotés et des phosphates. On s'empressa d'en tirer parti, et notamment de ceux à bas prix, dans la culture des plantes réputées exigeantes en potasse, comme la betterave à sucre. Cependant, les espérances furent souvent déçues et l'emploi des sels potassiques fut considérablement réduit. On s'était trop hâté de conclure. On avait généralisé les résultats d'expériences entreprises sur quelques plantes et dans certaines conditions spéciales, sans penser que l'insuccès pouvait être attribué à un emploi irrationnel des nouveaux produits. Nous résumerons dans les lignes suivantes les faits acquis sur le rôle et le mode d'emploi des engrais potassiques :

Les cultivateurs des régions du voisinage des gisements donnent avec raison la préférence au sulfate de potasse brut (voir p. 198); les localités plus éloignées, à cause des frais de transport, font usage des préparations appelées *sels potassiques trois fois* ou même *cinq fois concentrés*. Un emploi étendu est aussi fait du sulfate brut de potasse et de magnésie (renfermant 15 à 17 p. c. de potasse), ainsi que de l' « Adler-Kaïnite », exploitée à Neu-Stassfurt (con-

tenant 12 à 13 p. c. de potasse). La potasse revient surtout à bas prix dans les derniers corps (18 à 24 centimes le kilogramme, *loco* Stassfurt), tandis qu'elle coûte plus dans les sels abondants en chlore (35 à 45 centimes) et dans le sulfate de potasse purifié (50 à 56 centimes).

C'est dans les *terrains tourbeux* que les sels potassiques agissent le plus sûrement; ils ont rendu possible dans le nord de l'Allemagne la culture par endiguement des sols de cette nature. Il est permis d'en attendre des effets avantageux dans toutes les terres fortement humeuses, c'est-à-dire meubles et perméables. Toutefois, il importe qu'elles ne renferment pas d'acides libres ou des sels solubles de fer; dans le cas contraire, il est indispensable de chauler au préalable ou d'employer simultanément la chaux et les sels de potasse. Leur efficacité est également presque assurée dans les sols sablonneux et, en général, dans les terres pauvres en minéraux potassiques et ne possédant que de faibles propriétés absorbantes (voir p. 66); enfin, elle a été très favorable en terres légères, mais calcaires, telles que des sols sablonneux récemment marnés.

Dans les sols d'une classe supérieure, c'est-à-dire argilo-sablonneux, dans les limons (terres à orge, terres à froment, terres à betterave, terres à trèfle), l'action des sels potassiques n'est pas assurée, bien que, cependant, on la reconnaisse fréquemment très avantageuse lorsque leur emploi est bien entendu. Incontestablement, les sols de cette nature sont souvent riches en potasse soluble (terrains basaltiques, terrains feldspathiques, etc.) et alors un supplément est superflu; de plus, il n'est pas rare qu'il y ait eu accumulation dans le sol de cet agent nutritif, notamment lorsque la culture arable s'appuie sur de grandes surfaces de bonnes prairies naturelles et que les

soles fourragères (trèfle, luzerne, etc.) sont étendues (comparez p. 145). Mais il se présente aussi des conditions où le sol, jadis abondant en potasse, a précisément été trop exclusivement dépouillé de ce corps et où une application de potasse est suivie d'heureux effets. D'autre part, on signale bien plus souvent l'existence de terres argilo-sablonneuses et sablo-argileuses, où la potasse agit avantageusement lorsqu'on l'applique simultanément avec d'autres éléments nutritifs essentiels. On évite cependant de répandre des sels potassiques, surtout ceux pauvres en potasse et ceux qui contiennent beaucoup de chlorures (kaïnite, déchets salins bruts) en terres fortes: ils auraient pour effet d'aggraver les conditions défavorables de ces terrains, spécialement leur aptitude à retenir l'eau.

Il n'est pas douteux que les insuccès constatés dans l'emploi des sels potassiques ont fréquemment été la conséquence de leur emploi exclusif, c'est-à-dire de ce qu'on ne leur associait pas des phosphates et respectivement des combinaisons azotées. Lorsque — ce qui est d'ailleurs fréquent — les phosphates appliqués seuls excercent une influence très marquée, on peut déjà conclure qu'il y a excès de potasse dans le sol relativement à l'acide phosphorique et que l'alcali employé seul restera sans effet; parfois même, alors, une application de potasse sera nuisible en établissant dans le sol, entre les principes nutritifs actifs, une relation nutritive plus défavorable que précédemment. Mais l'introduction simultanée d'acide phosphorique et d'azote sera suivie d'effets marqués si le terrain est épuisé en ces trois éléments essentiels. Au surplus, on ne doit pas se laisser arrêter par un insuccès.

Il convient, dans les recherches que le cultivateur tente sur l'utilité des sels potassiques, de soumettre à l'essai des doses variables et assez fortes d'engrais. Des quantités

faibles sont souvent de nul effet, spécialement dans les terres un peu fortes et très absorbantes. Nous avons vu que, la terre fine retenant très fortement la potasse, cet élément se distribue difficilement et ne peut qu'à la longue atteindre les profondeurs, épuisées peut-être par la culture du trèfle, de la betterave, etc. En grand, on répand les sels potassiques bruts, les sels pauvres, à raison de 400 et jusqu'à un maximum de 1000 kil. par hectare; les sels concentrés sont appliqués à la dose de 200 à 600 kil., que l'on mélange intimement, pour en faciliter l'épandage régulier, à un volume double ou quadruple de terre meuble.

L'enfouissement immédiat des sels potassiques répandus sur les terres est une précaution non moins importante ; il a lieu par un labour, sinon au moyen de l'extirpateur ou de hersages soignés. Bien que solubles dans l'eau, il ne convient guère et même nullement de les appliquer en couverture. Il faut aussi se garder de les distribuer dans les lignes de semis ou dans les fosses creusées pour recevoir des graines ou des plants, afin d'éviter leur action caustique déterminant la mort des plantes ou, tout au moins, des souffrances passagères ou des levées irrégulières; dans ces cas aussi, la qualité des racines et des tubercules subit fréquemment la fâcheuse influence d'une absorption trop abondante de corps alcalins.

Il ne faut pas répandre les engrais potassiques peu de temps avant les semailles. On s'efforce de les appliquer, même pour des terres à ensemencer après l'hiver, à l'automne précédent ou pendant la saison froide, sinon le plus tôt possible au printemps. Les pertes par lavage ne sont pas à craindre; il ne résulte de là qu'une meilleure répartition des éléments nutritifs essentiels. Il y a cependant à considérer la nature du sol, celle de l'engrais, ainsi que l'espèce végétale cultivée. Dans les sols sablonneux ou

calcaires, légers, perméables et peu absorbants, spécialement lorsqu'on applique de faibles quantités de sels potassiques, l'épandage au printemps donne souvent des résultats supérieurs, surtout en quantité, à la fumure d'automne, tandis qu'en terres tenaces l'application à l'automne mérite ordinairement la préférence.

Deux considérations principales sont à signaler relativement aux sels potassiques les plus répandus dans le commerce. La potasse s'y présente sous forme de chlorure de potassium ou de chlorure de magnésium, et parfois ces deux sels sont associés. Les sels renfermant la potasse exclusivement ou en proportion dominante sous forme de chlorure de potassium sont toujours à un prix beaucoup moins élevé; mais c'est à l'état de kaïnite brute pulvérisée et dans la *grugite* qu'on obtient la potasse aux conditions les moins onéreuses. Le plus généralement, on choisit le corps livrant la potasse au prix de revient *le plus faible*. Dans beaucoup de cas, en effet, on a observé que les rendements des cultures sont les mêmes pour une quantité donnée de potasse, qu'elle ait été fournie en chlorure de potassium ou en sulfate potassique. C'est, du moins, ce qu'on a constaté dans des expériences sur les céréales, sur le lin[1], sur le colza, sur le maïs-fourrage, sur la betterave fourragère et sur les prairies : néanmoins, le chlorure est souvent supérieur, ce qui est vraisemblablement dû à ce que ce sel se répartit mieux et plus rapidement dans le sol et à ce qu'il atteint plus facilement les couches profondes.

---

(1) Les essais entrepris à la Station agricole de Gembloux ont, au contraire, montré que c'est sous forme de chlorure de potassium que l'on applique le plus avantageusement la potasse au lin. La pratique des régions linières de la Belgique confirme cette observation. (*Note du traducteur.*)

Le second point concerne l'*action indirecte* des sels potassiques, due au chlorure de magnésium et au chlorure de sodium qu'ils contiennent ou, généralement, à leur teneur plus ou moins élevée en chlore. On admet ordinairement, sur la foi d'élevages faits dans des solutions nutritives, que le chlorure de magnésium, corps caustique, est nuisible aux plantes. Mais la pratique ne confirme pas cette observation, à laquelle quelques expériences seulement, faites dans des milieux exceptionnels, ont donné crédit. L'expérience en grand a montré depuis longtemps que le *chlorure de magnésium* et le *chlorure de sodium*, en quantité modérée, contribuent au perfectionnement du grain chez les céréales, qu'ils hâtent la maturité de la récolte et qu'ils élèvent la quantité, ainsi que la qualité des produits des prairies. Cependant, il ne faut pas méconnaître que la *nature* du sol joue un grand rôle dans l'emploi des sels potassiques riches en chlore et impurs; il est nécessaire que le terrain permette une rapide circulation de l'eau, afin que la solution saline soit suffisamment diluée et que les combinaisons de chlore en excès soient rapidement entraînées dans les profondeurs; peu importe que la disparition du chlore ait lieu directement, dans la forme saline sous laquelle on l'a appliqué, ou indirectement, après union avec d'autres corps. Ajoutons que les combinaisons dont nous nous occupons existant, par exemple, dans la kaïnite, dans la karnallite, etc., rendent fréquemment les terres sèches plus aptes à résister aux effets de la sécheresse. A Regenwalde, une terre légère de jardin renfermait, savoir:

| | Celle privée de l'engrais potassique. | Celle ayant reçu de la kaïnite. |
|---|---|---|
| Le 18 avril . . . . | 15,2 p. c. | 15,3 p. c. d'humidité. |
| Le 1er juin . . . . | 1,2 » | 8,5 » |
| Le 1er août . . . . | 1,3 » | 5,3 » |
| Le 10 octobre . . . | 1,9 » | 13,3 » |

L'action indirecte des sels potassiques, due aux matières salines accessoires, est fréquemment supérieure à celle exercée par la potasse même ou à l'action directe. C'est ce qui ressort du fait que ce ne sont pas toujours les plantes les plus exigeantes et les plus riches en potasse dont la croissance est le plus favorisée par l'application de ces engrais. On a, par exemple, observé des effets favorables de leur emploi sur les *céréales,* plantes relativement pauvres en potasse, et cela particulièrement en sols sablonneux et dans les sables marnés; ce sont l'avoine et l'orge qui ont surtout été sensibles à cet égard. Les engrais potassiques exercent également une action favorable sur les céréales d'hiver cultivées dans les sols sablonneux et dans les terrains tourbeux; dans ces conditions, le seigle se montre particulièrement reconnaissant de leur emploi, du moins lorsqu'il y a application simultanée d'acide phosphorique.

Les produits du *lin* sont également plus élevés, tout en gagnant en qualité, sous l'effet des sels potassiques. Mais l'action de ceux-ci est particulièrement favorable sur les *prairies,* sur les *trèfles* et sur tous les *fourrages verts,* à la condition que l'épandage de l'engrais ait lieu tôt au printemps et que le sol soit suffisamment meuble et perméable. L'expérience a établi les bons effets de ces corps sur le *pois;* mais, contrairement à ce que l'on a constaté pour les céréales de printemps, ils retardent la floraison et font traîner la maturation de la récolte. Le développement des légumineuses est secondé par l'association de la chaux aux sels potassiques et par l'emploi simultané des phosphates. Il en est de même pour le *colza.* Relativement au *lupin,* on sait que sa croissance est notablement activée dans les sables par une importation de potasse; il en est même ainsi dans les sols sablonneux

marnés à haute dose, où les lupins végètent péniblement en l'absence de l'engrais potassique. Quant au *tabac,* la qualité du produit est singulièrement diminuée sous l'influence des chlorures alcalins, qu'il faut éviter de lui appliquer.

Il faut être circonspect lors de l'emploi des engrais potassiques destinés à la *pomme de terre,* plus encore lorsqu'il s'agit de la *betterave fourragère* et, tout particulièrement, de la *betterave à sucre,* afin d'éviter leur action nuisible sur la qualité du produit principal. Il faut donner, en même temps, aux terres des quantités convenables d'acide phosphorique, d'azote et s'abstenir d'appliquer des sels potassiques renfermant des combinaisons de chlore ou, du moins, livrer ceux-ci au sol avant l'hiver ou, ce qui est préférable encore, à la plante précédente. L'analyse des cendres a montré que la teneur en chlore des betteraves obtenues sur sels potassiques renfermant des combinaisons chlorées et appliqués avant l'hiver était égale ou à peu près à celle des betteraves sans fumure, tandis que les cendres des racines venues sur des engrais anologues appliqués au printemps renfermaient beaucoup de chlore. La *fatigue des terres* pour la betterave est due, comme l'on sait, à un nématode ou, du moins, les sols dits *fatigués* se distinguent par la présence de ce parasite; elle est diminuée, là où le ver ne s'est pas multiplié excessivement, par les engrais potassiques. Le nitrate de potasse, engrais coûteux toutefois, est fréquemment d'un excellent effet sur la *pomme de terre,* résultat qui appelle de nouveaux essais sur le mélange d'autres sels potassiques et de nitrate de soude. L'emploi de composts formés de tourbe, de chaux et de chlorure de potassium, spécialement en terres légères, est beaucoup à conseiller.

Lorsqu'on a reconnu l'utilité d'incorporer rapidement

au sol une grande quantité de potasse, on peut, sans inconvénient pour la plante qui en profite immédiatement, répandre le sel potassique de temps à autre sur les fumiers en préparation; on l'associe, au préalable, avec de la terre humeuse. Non seulement la décomposition du fumier est ralentie, régularisée, mais la potasse est bien enfouie et répartie dans le sol. De même que le plâtre, les sels potassiques préviennent aussi le dégagement de l'ammoniaque; la kaïnite, la kieserite (sulfate de magnésie), la karnallite (mélange de chlorure de potassium et de chlorure de magnésium), ainsi que la grugite (mélange de sulfates de potasse, de magnésie et de chaux) peuvent être employées dans ce but. On augmente utilement l'action de ces corps en les associant à du plâtre ou à de la chaux en poudre; pour cela, on mêle 100 kil. de kaïnite ou de sulfate brut de potasse et de magnésie à 15 ou 20 kil. de bonne chaux éteinte et l'on ajoute de l'eau en agitant activement. Au bout de quelques jours, on pulvérise la masse, on y mêle de la terre sèche et on passe le tout à travers une claie; le mélange pulvérulent obtenu est répandu sur les litières et sur les tas de fumier en préparation.

En général, le *mélange de chaux vive en poudre aux engrais potassiques* est avantageux, spécialement lorsque ceux-ci sont rendus hygroscopiques par une forte proportion de chlorure de magnésium. Il est désirable que ce mélange soit au moins soumis à l'essai, particulièrement si le mode ordinaire d'emploi de ces sels est resté sans résultat marqué; en un mot, il est de l'intérêt de tout cultivateur de rechercher la meilleure voie à suivre pour tirer parti des sels potassiques.

11. Chaux. — La chaux est employée à l'état pulvérulent, qu'elle acquiert lorsqu'on l'éteint peu à peu par environ un

tiers de son poids d'eau. On y parvient complètement et vite par le procédé suivant : on met la chaux fraîche dans des paniers en osier pouvant en contenir 20 à 25 kil. et que l'on plonge complètement dans l'eau. Pendant cette immersion, on remarque que l'air renfermé dans les pores de la chaux se dégage ; ce dégagement cesse au bout de trois à quatre minutes et l'on retire le panier. La chaux a alors absorbé assez d'eau pour pouvoir se déliter. On en forme un tas, dans lequel elle continue à se déliter d'elle-même ; au bout d'un quart d'heure, elle est tombée en poussière et peut être facilement répandue à l'aide d'une pelle. Mais ce procédé n'est guère usité que dans les moments de presse. 100 parties en poids de chaux pure calcinée donnent 132 parties de chaux pulvérulente sèche.

La qualité de la chaux détermine les conditions de l'extinction. Il y a lieu de supposer que l'application de la chaux au sol sera d'autant plus efficace que l'extinction complète sera plus rapide, la température développée plus élevée et l'augmentation de volume plus considérable. Il existe aussi des chaux maigres, notamment celles renfermant une certaine proportion de magnésie, qui sont très estimées comme engrais, mais qu'il importe tout particulièrement de réduire en poudre homogène fine avant l'emploi. Quand la chaux a été trop ou trop peu calcinée, le délitement n'est pas complet; il reste des noyaux solides qui en diminuent la valeur comme engrais.

Lorsqu'on ne peut pas répandre la chaux immédiatement et qu'il faut attendre son délitement, on la transporte directement sur le champ à chauler. On l'y dépose en petits tas de 100 à 150 kil., que l'on recouvre d'une couche de terre et que l'on abandonne à eux-mêmes, mais en ayant soin de faire disparaître de temps à autre, au moyen d'un peu de terre, les crevasses qui se produisent

à la surface. Suivant sa qualité, la saison et les intempéries, la chaux est suffisamment délitée et pulvérulente au bout de quelques jours ou de quelques semaines. On recoupe les tas en mélangeant la chaux à la terre qui a servi à les protéger et qui facilite d'ailleurs la dissémination régulière de l'engrais. L'épandage a lieu à la pelle. Les fragments de chaux non délités sont recueillis et arrosés d'eau afin qu'ils n'échappent pas à la fusion.

Quel que soit d'ailleurs le procédé adopté, l'*épandage* doit être opéré avec le plus grand soin. On l'exécute généralement au moyen de la pelle, par un temps calme et sec; autant que possible, on évite que la pluie vienne mouiller la poussière de chaux répandue sur les champs parce qu'alors la matière s'agglomère en grumeaux d'une division difficile et se distribue irrégulièrement dans la couche arable.

L'*automne* est la saison la plus favorable à l'application de la chaux; on la transporte sur les chaumes et on l'enfouit par un labour superficiel. Lorsqu'on chaule au printemps, il faut procéder à l'opération aussitôt que le sol est suffisamment ressuyé et s'abstenir de l'effectuer en même temps que les semailles.

On emploie la chaux à la dose de 1000 à 2000 kil. à l'hectare; *il est bien préférable de renouveler le chaulage souvent, de six en six ans par exemple, que d'appliquer des quantités trop fortes en une fois.* L'introduction dans le sol d'une proportion exagérée de chaux l'ameublit à un degré trop élevé, stimule son activité, de manière qu'il s'appauvrit et s'épuise promptement[1].

---

(1) En Belgique, les quantités de chaux livrées aux terres dans les chaulages varient de 4,000 à 7,000 kil. par hectare : c'est d'une exagération manifeste à tous les points de vue. *(Note du traducteur.)*

On peut toutefois augmenter les quantités sans inconvénient dans les terres fortes et dans les sols riches en matières organiques; c'est surtout dans les terrains humeux, pauvres en chaux, que son application est le plus favorable. L'absence de l'élément calcaire dans le sol est démontrée par certaines plantes : lorsqu'il produit en abondance le plantain, la prêle et notamment l'oseille, on peut conclure que le chaulage est réclamé.

Il faut éviter de chauler les terres appauvries; ce n'est que dans les sols possédant encore de la vieille force ou en assez bon état de fumure que l'emploi de la chaux est avantageux. Il se montre le plus favorable lorsqu'on y a recours une ou deux années après l'application des fumiers et que l'on renouvelle la fumure peu de temps après le chaulage. On ne doit pas oublier d'ailleurs que la chaux ne peut, en aucune façon, remplacer le fumier de ferme; elle augmente et assure son activité et dégage la vieille force du sol.

*La chaux exerce souvent une action remarquablement favorable sur toutes les plantes cultivées,* mais qui se manifeste surtout lorsque l'élément calcaire manque ou qu'il n'existe qu'en proportion insuffisante. On peut appliquer la chaux avec succès, en automne, au trèfle destiné à être défriché pour céréales d'hiver, aux semailles de printemps dans lesquelles on sèmera du trèfle, de même qu'aux pommes de terre et aux betteraves. Dans ces derniers cas, le chaulage doit précéder la fumure et ne jamais être donné simultanément avec elle; il rend souvent les sols aptes à la production du trèfle et, d'autres fois, il contribue à en augmenter les rendements d'une manière sensible.

Le chaulage mérite d'être essayé sur les *prairies* qui ne sont pas trop humides; la mousse y disparaît souvent et

cède la place à des plantes utiles. Dans ce but, le procédé le plus avantageux auquel on puisse recourir, comme dans tous les cas où il s'agit de fumer les prairies, consiste à préparer un compost dans lequel la chaux est associée avec de la bonne terre, des débris végétaux et des couches de poudre d'os et de cendres, ou bien, au lieu de celles-ci, de sels potassiques de Stassfurt. On recoupe la masse, à différentes reprises, jusqu'au moment de l'emploi, qui ne doit s'effectuer que lorsque les substances organiques sont arrivées à un état de décomposition assez avancé.

Le corps appelé *chaux des marais* est un carbonate de chaux presque pur; il forme fréquemment le bassin des tourbières ou se rencontre dans leur voisinage. Il convient pour la préparation de composts à répandre sur les prairies et sur les terres.

12. Marne. — On sait que la marne doit son influence favorable au carbonate de chaux qu'elle contient. Les quantités à répandre sur les terres dépendent de la richesse de la marne en élément calcaire, de la nature et des besoins du sol. On peut marner abondamment les terres fortes et humeuses, tandis que les doses doivent être modérées dans les sols sablonneux et dans les terrains pauvres en humus; dans ce dernier cas, on marne surtout modérément si l'on ne dispose que d'une marne sablonneuse ou d'une marne calcaire, tandis qu'une marne argileuse pourrait être répandue en quantité plus grande. Lorsque l'opération a eu lieu d'une manière rationnelle, en rapport avec les circonstances, et que les fumiers sont généreusement appliqués au sol après comme avant le marnage, il arrive un moment où l'opération est avantageusement répétée; habituellement, les marnages ultérieurs donnent lieu à l'application de doses plus faibles que le premier.

13. Platre. — Le plâtre ou gypse est souvent employé

à l'état brut, c'est-à-dire non calciné, et le plus finement pulvérisé possible afin de favoriser son égale répartition. Le plâtre cuit forme facilement des grumeaux qui peuvent avoir une influence nuisible dans les terrains humides. Son emploi dans les locaux d'habitation des animaux a été examiné ailleurs.

Il est surtout avantageusement appliqué aux plantes de la famille des *papilionacées,* comme le trèfle, la luzerne, le sainfoin; il agit aussi favorablement sur les pois, les vesces, les féveroles, dont il favorise particulièrement le développement foliacé. Les résultats de son application sont beaucoup moins marqués sur le colza, la moutarde et les choux; ils ne sont nullement certains lorsqu'on en favorise les plantes-racines. Le plâtre ne paraît exercer aucune action directe sur la végétation des céréales, mais elles en éprouvent de bons effets lorsqu'il a été appliqué au trèfle qui a précédé. Son influence est incertaine sur les prés humides, mais il agit utilement sur les prairies naturelles plus sèches et à sol profond.

On le répand *seul* ou mélangé à de la cendre de bois, laquelle agit surtout favorablement sur les mêmes plantes que le plâtre. On l'applique à la dose de 400 à 600 kil. par hectare; on n'a recours à des quantités plus fortes que dans des cas exceptionnels et alors il faut l'enfouir à la charrue et le mélanger intimement à la couche arable.

Son épandage a lieu au *printemps,* à la fin d'avril ou au commencement de mai, peu de temps après le réveil de la végétation, lorsque les champs de trèfle commencent à se revêtir d'un léger tapis vert et que les jeunes feuilles s'agitent déjà dans l'air, c'est-à-dire au moment où la plante va entrer dans cette phase de rapide développement où elle semble n'attendre qu'une influence bienfaisante quelconque pour croître avec vigueur. On le répand le

matin ou le soir, par un temps calme et, autant que possible, chaud et humide. Si le plâtre reste inactif par le mode d'emploi ordinaire, il faut procéder à d'autres essais et le répandre, par exemple, dès l'automne ou dans le courant de l'hiver sur les trèfles et sur les luzernières. On en a aussi obtenu d'excellents effets sur le trèfle, en l'appliquant lors de l'ensemencement de la céréale protectrice du fourrage.

L'emploi du plâtre offre le plus de sécurité dans les *terres sablo-argileuses profondes, chaudes* et *riches en matières organiques,* c'est-à-dire dans les terres à trèfle. Dans les sols argileux froids, humides et imperméables, dans les sols sablonneux secs, on ne peut pas en espérer des résultats utiles; il en est de même dans tous les terrains humides, dans les sols sourceux et dans ceux soumis à une culture négligée. Un traitement judicieux du sol et la présence d'une somme suffisante d'éléments nutritifs assimilables sont des conditions indispensables à l'action complète du plâtre.

Les conditions climatologiques, les intempéries atmosphériques de l'année favorisent ou contrarient les effets du plâtre. Son action est surtout assurée sous les climats humides et chauds, quand les météores aqueux se précipitent avec régularité, c'est-à-dire lorsque des pluies légères sont fréquentes et chaudes, les rosées abondantes; par contre, les fortes pluies et la sécheresse nuisent à l'action du plâtre.

## CHAPITRE X.

### CONCLUSION.

Une intelligence lucide, un œil vigilant, un esprit éclairé par la science et un jugement exercé par l'expérience et par l'observation, telles sont les conditions que le cultivateur moderne doit posséder et s'approprier de plus en plus pour remplir sa mission, échapper à l'empirisme et ne pas imiter servilement les actes de ses devanciers. Ce n'est que par la connaissance et la saine appréciation des lois naturelles qui régissent l'épuisement du sol et la restitution des éléments qu'on lui soustrait par l'enlèvement des récoltes que le cultivateur peut désormais obtenir la rente la plus élevée de ses terres comme de ses prairies et, en général, des moyens de travail dont il dispose.

Cette étude renferme un appel des plus sérieux à l'agriculteur : doit consacrer tous ses soins à la conservation des aliments végétaux, prévenir toute dissipation en éléments nutritifs. En tenant un compte rigoureux des éléments nutritifs en circulation, le cultivateur sera, tout d'abord, porté à introduire dans la ferme des matières alimentaires

dont le bétail tire souvent un premier bénéfice et qui profitent aux cultures en passant dans les fumiers, qu'ils enrichissent. Notre étude indique également la voie à suivre dans l'achat des engrais concentrés et leur emploi raisonné dans la pratique. Toutefois, le cultivateur ne peut *jamais cesser d'observer* et s'imaginer qu'il peut suspendre ses efforts pour obtenir des récoltes *opulentes et rémunératrices,* lorsqu'il est parvenu à équilibrer l'absorption et la restitution. Il ne peut se produire rien de routinier chez l'agriculteur rationnel : la grande diversité des milieux donne, en quelque sorte, un cachet spécial au système d'exploitation de chaque contrée et, pour ainsi dire, à celui de chaque ferme, voire même de chaque pièce de terre. L'action des engrais artificiels varie extrêmement suivant la nature du sol, d'après les méthodes de culture; conséquemment, elle est inégale, plus ou moins lucrative, et, tandis qu'il est des cas où il est avantageux d'opérer une restitution peut-être surabondante, il en est d'autres où son insuffisance est plus économique, et c'est à l'expérience directe à l'indiquer.

Le cultivateur ne doit cependant pas s'attacher exclusivement à ce principe, que *les essais dominent l'étude;* il est non moins nécessaire, dans son intérêt personnel comme dans celui de la prospérité générale, dont la science ne se sépare point, de ne pas négliger la science pour se vouer uniquement aux essais. Il ne s'agit pas seulement ici de recherches faites avec poids et mesure dans toutes les directions; elles ne sont pas le fait de chacun, bien qu'elles fournissent des avantages sérieux, incontestables, et qu'elles présentent peu de difficultés d'application. Mais tout cultivateur intelligent et zélé peut et doit, en donnant la main à la science, recueillir sans cesse, dans son cercle d'action, des observations sur la végétation des plantes

cultivées, discuter et soumettre au creuset de l'expérience tous les moyens par lesquels il peut, dans les conditions où il opère, améliorer et élever économiquement, d'une manière durable, les produits du sol.

On possède déjà de nombreux exemples de l'impulsion que l'on peut imprimer à l'aptitude productive des terres. Ainsi, sans recourir à des procédés particuliers, on a déjà obtenu dans des conditions ordinaires, par hectare, des rendements de 5000 kil. de froment et de colza, de 100000 à 120000 kil. de betteraves fourragères et de 20000 kil. de foin sec, c'est-à-dire près de trois fois les produits moyens habituels, et cela sans atteindre encore la limite maximum. Quand même ces rendements seraient obtenus peu économiquement, ils doivent engager le praticien à rechercher jusques à quel point il peut avantageusement tâcher de les réaliser, et il constatera peut-être alors qu'il peut prétendre à doubler les produits actuels. La science n'est point appelée à préciser, pour chaque situation, les moyens ou les règles universelles à appliquer pour atteindre ce but. Son rôle se borne à exposer des points de vue généraux : les faits constatés par de nombreux essais et continués dans chaque ferme, et, pour ainsi dire, sur chaque pièce de terre, peuvent seuls fournir la solution du problème.

Il est hors de doute que la production agricole s'est considérablement élevée dans notre siècle et que les produits, en grain notamment, ont généralement augmenté d'une manière importante. Ce progrès dépend surtout de l'extension progressive qu'a prise la culture fourragère et de l'adoption, presque générale aujourd'hui, de la culture alterne. On a mis en œuvre un volume de terre plus considérable, les couches profondes du sol sont fouillées, et, tout en mettant ainsi en circulation, dans un certain espace

de temps, une somme supérieure de matières alimentaires, l'engrais d'étable est, d'une fumure à l'autre, plus complètement utilisé.

Le taux des rendements est, abstraction faite du climat et des circonstances météorologiques annuelles, déterminé par la quantité et la proportion relative d'*éléments nutritifs actifs* existant dans le sol. La quantité de nourriture végétale actuellement active, notamment celle qui, étant, en quelque sorte, attachée à la périphérie de chaque particule terreuse, est immédiatement et facilement assimilable, doit être plus considérable lorsque les produits abondants sont constants, que s'il ne s'agit d'obtenir qu'une seule récolte, quelle que soit d'ailleurs son importance. En effet, les matières nutritives essentielles possèdent si peu de mobilité dans le sol, qu'il n'est pas possible que les radicelles parviennent partout au contact de la nourriture assimilable qui y est dispersée; il en reste donc toujours une proportion plus ou moins grande dans la couche arable. Mais, fort heureusement, la quantité de nourriture approvisionnée et disponible ne doit pas être mille ou même cent fois plus grande que celle renfermée dans la récolte et nécessaire à son parfait développement : il suffit souvent qu'elle soit dix à cinq fois plus forte, souvent même inférieure à ce dernier taux.

Il est vrai que la richesse *absolue* du sol en éléments nutritifs est ordinairement très élevée; un sol pauvre, regardé comme épuisé par le cultivateur, peut posséder, sur une profondeur de 3 pieds et par hectare, 10000 et même 20000 kil. d'acide phosphorique, presque autant d'azote et jusqu'à dix à vingt fois plus de potasse; mais ces éléments y existent à l'état fixe, engagés dans des combinaisons peu solubles, de manière qu'une très faible proportion est immédiatement assimilable et utilisée à la

formation de la substance organique. Par le concours de la désagrégation et de la décomposition, une fraction plus ou moins importante de ces éléments, restés inertes jusque-là, est annuellement rendue libre et disponible pour la plante; cette fraction d'éléments est l'expression de la *fertilité naturelle du sol,* c'est-à-dire qu'elle détermine la somme de produits que l'on peut attendre d'une culture continue sans importation d'engrais. En réalité, cette fertilité naturelle du sol est inépuisable; il se manifeste peut-être une diminution lente; mais nos moyens de culture ne sont pas assez puissants pour stériliser complètement un sol originairement fertile, c'est-à-dire l'amener à cet état d'improductivité complète où il refuse la vie au végétal, dans la supposition toutefois que les conditions climatologiques et la composition physique du sol soient favorables à la végétation. Le cultivateur peut donc constamment récolter sans fumer, mais il devra se contenter alors de la moitié, du tiers ou même moins encore des rendements moyens ordinaires.

Les opérations du cultivateur ont surtout pour but de tirer parti de la portion de matière alimentaire végétale qui est soumise à une *circulation rapide,* c'est-à-dire de celle qui est promptement dérobée au sol par les récoltes enlevées et qui lui est restituée par les engrais. Ceux-ci constituent donc, en quelque sorte, le capital que le praticien cherche à faire valoir le mieux possible, et la fraction d'éléments nutritifs qui ne retourne pas aux champs ou aux prairies par la voie des fumiers doit être livrée par la provision naturelle du sol; si, à la longue, celle-ci ne suffit plus et que l'on vise cependant à élever les rendements, les achats au dehors doivent pourvoir au déficit.

Le fumier d'étable ordinaire est à peu près complètement utilisé dans l'intervalle de trois à quatre années qui sépare

deux fumures, c'est-à-dire que la plus grande partie des éléments nutritifs qu'il contient sont soustraits au sol pendant cette période et servent à reconstituer un fumier possédant une composition identique, si, toutefois, *les plantes cultivées sont les mêmes et fournissent des rendements égaux*. On obtient fréquemment d'une bonne fumure d'engrais de ferme (40000 kil. à l'hectare, par exemple), pendant trois à quatre années successives, un produit deux fois aussi considérable que si le même champ était épuisé et non fumé. Si l'on se rappelle maintenant que 40000 kil. de fumier renferment, au maximum, 120 kil. d'acide phosphorique et que l'excédent de produit dû à la fumure contient fréquemment les deux tiers ou la moitié de cette proportion d'acide, on comprend facilement avec quelle célérité l'acide phosphorique, ainsi que la plupart des autres éléments essentiels peuvent passer du fumier dans les récoltes.

Les engrais artificiels à action rapide se comportent d'une manière analogue. Il n'est pas rare de constater un excédent de rendement de 300 kil. de grain et d'une quantité correspondante de paille, renfermant ensemble 4 à 5 kil. d'acide phosphorique, à la suite de l'application de 100 kil. de superphosphate de chaux contenant 12 à 16 kil. d'acide phosphorique soluble. 100 kil. de guano du Pérou, accusant à l'analyse 14 kil. d'acide phosphorique, élèvent parfois le produit en grain de 400 kil., celui de la paille de 600 kil. renfermant 5 à 6 kil. d'acide phosphorique, abstraction faite de l'action des autres agents de l'engrais. Dans des expériences directes, entreprises en différents lieux de la Saxe, on a observé que l'excédent de produits obtenu en quatre ans par l'emploi du guano contient, en moyenne, 4 à 5 kil. d'acide phosphorique pour 100 kil. de guano. Il en résulte que le tiers ou la moitié de la somme

totale d'éléments nutritifs existant dans les fumiers peut être absorbé immédiatement par une vigoureuse végétation ou, du moins, que l'efficacité est telle que, pour produire une élévation considérable dans les rendements, il suffit d'appliquer au sol une proportion relativement minime, mais promptement assimilable, de matière alimentaire, et non, comme on pourrait être tenté de le croire, une quantité dépassant cent fois les besoins de l'excédent.

On peut poser en principe qu'un sol dans lequel le sable prédomine est, d'une manière absolue, plus pauvre en éléments nutritifs qu'une terre franche ou argileuse; mais il fournit, avec, des engrais appropriés, et si, d'ailleurs, l'humidité est suffisante, des produits égaux et, fréquemment, même plus élevés que la dernière. Il y a plus : un sol presque entièrement stérile, ne renfermant que des proportions insignifiantes de matériaux nutritifs assimilables, mais possédant une composition physique favorable, peut parfois être soumis à une culture avantageuse avec le seul concours de l'irrigation. Il suffit souvent d'y mélanger une certaine quantité de matières nutritives, que l'on obtient parfois à peu de frais, et d'y accumuler peu à peu une certaine dose d'humus doux et fertile pour assurer la réussite de récoltes rémunératrices. La prompte efficacité des fumures, leur complète utilisation dans un bref délai, le rapide épuisement du sol, en un mot, tel que l'entendent les cultivateurs, ne s'explique que par le défaut momentané d'une quantité de matériaux nutritifs végétaux actifs suffisante. Lorsque, par exception, ils sont en trop grande abondance, aucune fumure n'est provisoirement nécessaire, les engrais ne peuvent alors élever ou, du moins, ils ne sont pas susceptibles d'augmenter économiquement les rendements; il faut attendre, pour en observer de bons effets, que l'excédent d'éléments assimilables ait été

enlevé, c'est-à-dire qu'un épuisement partiel du sol ait eu lieu.

Certes, les terres de natures diverses se comportent très différemment sous le rapport de leur aptitude productive naturelle, pour autant, du moins, que celle-ci dépende d'une *richesse fixe* en matière alimentaire active ou de l'application d'une *certaine* quantité d'éléments nutritifs convenables. Les sols légers, meubles et perméables, c'est-à-dire tous les terrains ne possédant qu'un faible pouvoir absorbant, sont ordinairement épuisés avec rapidité par la culture. En revanche, lorsque les circonstances atmosphériques sont favorables, on rétablit promptement leur faculté productive par un apport faible, mais fréquemment répété, d'éléments actifs : la répartition uniforme des engrais, si éminemment utile, la fusion intime de ceux-ci avec les éléments constitutifs du sol et leur pénétration jusque dans les couches profondes, la multiplication et l'extension faciles des racines dans toutes les directions ne sont aucunement entravées; en outre, les matières fertilisantes contenues dans les fumiers et celles fournies par leur décomposition n'étant guère retenues par les particules terreuses, elles sont facilement accessibles à la plante. On peut donc dire que ces terres exigent le minimum de matières alimentaires actives nécessaires au complet développement des produits, pourvu qu'elles soient parfaitement réparties dans la couche arable.

Les sols compacts possèdent des propriétés opposées. Souvent, leur puissance productive ne peut être élevée que par de grands sacrifices ou très lentement, quelle que soit d'ailleurs la cause de leur stérilité, qu'elle soit due à la pauvreté originaire du sol ou qu'elle soit le résultat d'un traitement épuisant trop prolongé. La reconstitution de leur fertilité exige l'application de fortes

fumures en engrais appropriés ; s'ils montrent de grandes propriétés absorbantes, comme c'est ordinairement le cas, il faut attendre qu'ils soient saturés, jusqu'à un certain point, de matières nutritives, avant qu'ils en abandonnent facilement une proportion au végétal en croissance. — Simultanément, il importe de modérer leur action absorbante, de communiquer, en quelque sorte, plus d'activité au sol; en outre, il faut, par des fumiers d'étable abondants et riches, par la culture de plantes fourragères, en un mot par l'accumulation d'humus fertile, par le chaulage, par le marnage, par un travail mécanique soigné du sol, etc., élever le degré de concentration des matériaux nutritifs importés en forte quantité, tout en améliorant l'état physique du terrain. Tous ces moyens permettent de rétablir et d'entretenir d'une manière durable et lucrative la fertilité des terres compactes pauvres d'origine ou appauvries par le régime cultural. Pour atteindre ce résultat, le sol argileux exige une quantité de fumier plus forte que s'il est meuble, de nature sablo-argileuse; mais, dans les deux cas, il n'est nullement prescrit de rapporter une somme de matières alimentaires équivalente à celle soustraite au terrain par les récoltes obtenues pendant une succession d'années dans le système d'exploitation basé sur les engrais intérieurs. La fertilité première du sol est rétablie et souvent surpassée par l'introduction d'une proportion infiniment plus faible, mais parfaitement appropriée, d'une nourriture végétale qui est bien répartie et conséquemment mise au contact d'une grande surface radiculaire.

La plante paraît aussi posséder, jusqu'à un certain point, la faculté de s'accommoder de la composition du sol et de découvrir les éléments nutritifs dont la répartition ou la diffusion complète n'a pas encore été accomplie. Les

racines des végétaux ne pénètrent pas verticalement dans la couche arable sans se soucier, en quelque sorte, du milieu qui les entoure. Elles recherchent, pour ainsi dire, leur nourriture, se dirigent vers les points plus riches et se développent avec vigueur dans les endroits où les éléments nutritifs solubles et assimilables sont accumulés; les radicelles s'y prolongent et leurs cellules terminales s'y renouvellent sans cesse. Tous les végétaux possèdent la propriété d'emprunter leur nourriture à toutes les couches, en largeur et en profondeur, bien que les différentes espèces en soient douées à des degrés divers et que, suivant leur structure organique, les unes exploitent surtout les couches supérieures et les autres des régions plus profondes.

Je consacrerai la fin de ce travail à un tableau rapide de la situation actuelle de l'agriculture telle qu'elle se présente presque partout, déterminée par la richesse momentanée du sol en matières nutritives assimilables, et je parcourrai les phases que le sol a traversées depuis son origine, où il possédait son degré maximum de richesse, jusqu'au moment où on le considère comme épuisé au point de vue agricole, mais où, livré au pouvoir de la science, il peut encore être cultivé avec un succès rémunérateur.

Dans une terre vierge, ayant porté peut-être pendant plusieurs siècles une végétation luxuriante sans être jamais dépouillée des matières végétales provenant des débris des cultures, il s'est accumulé une notable proportion d'éléments *immédiatement* assimilables ou, du moins, se transformant *rapidement* en produits utiles; cette situation s'établit quelles que soient d'ailleurs l'origine géologique du terrain et sa richesse naturelle originaire en minéraux d'une désagrégation plus ou moins prompte. Une terre semblable mise en culture peut livrer, pendant

dix ou vingt ans, de riches récoltes sans le concours des fumures. On déterminerait sans doute difficilement le propriétaire à recourir aux engrais aussi longtemps qu'ils sont inactifs ou que l'excédent de produits ne rembourse pas les avances faites pour l'obtenir, et le cultivateur se livre, sans préoccupation de l'avenir, à une culture spoliatrice.

Peu à peu, cependant, les produits baissent, les rendements diminuent progressivement jusqu'à ce que le système spoliateur suivi ne puisse plus être continué avec profit. Les éléments végétaux actifs ou assimilables ont été exportés en grande partie par la vente des produits, et le sol est épuisé au point de vue agricole. Le propriétaire cesse alors de le cultiver et il l'abandonne aux influences naturelles s'il dispose d'une étendue suffisante d'autres terrains riches sur lesquels il répète le même traitement, quand il le trouve avantageux.

C'est dans cette condition d'épuisement relatif que se trouvent des contrées entières, autrefois très fertiles, en Amérique, en Italie, en Hongrie, dans la Russie méridionale et ailleurs. Un état de choses identique existe dans la plupart de nos champs à l'expiration d'une rotation, c'est-à-dire d'une période de fumure, dans toutes les régions agricoles très populeuses de l'Europe et de l'Asie.

Si le champ, épuisé par un tel régime, est abandonné à lui-même, une végétation adventive plus ou moins vigoureuse s'empare rapidement du terrain, ou, si la situation le permet, il s'y développe des arbrisseaux, des arbres et, au bout d'un certain temps, il sera peut-être occupé par une riche forêt. Mais, lorsque les conditions climatologiques sont défavorables à l'accumulation et à la conservation de l'humidité dans le sol, ou sont devenues telles à la suite d'un déboisement inconsidéré, le terrain peut rester nu et, au lieu de livrer les belles récoltes d'autrefois, n'offrir

plus aux regards qu'un désert nu, paraissant dépouillé de toute fertilité : c'est là un spectacle triste, heureusement rare, mais effrayant pour la génération actuelle.

Cependant, l'analyse chimique montre qu'un sol épuisé au point de vue agricole renferme encore de grandes quantités de matières alimentaires et que, sur une épaisseur de 3 pieds, par exemple, un hectare de terre peut encore contenir, comme nous l'avons dit, 10000 à 20000 kil. d'acide phosphorique, à peu près autant d'azote combiné chimiquement et beaucoup plus de potasse. L'inactivité de ces éléments provient de leur fixité; une trop faible proportion est annuellement livrée à la végétation par la désagrégation et la décomposition; suffisante peut-être pour obtenir pendant une longue période d'années un demi-rendement moyen annuel, cette somme de nourriture ne peut fournir aux besoins d'une récolte pratiquement rémunératrice.

En continuant à cultiver sans fumier ce sol épuisé et en enfouissant pendant une succession d'années la faible production due aux forces naturelles, il s'accumule derechef et peu à peu une somme d'éléments actifs suffisante pour permettre de compter, sans fumure directe, sur une ou plusieurs bonnes récoltes; on obtiendrait les mêmes résultats en soumettant la terre à une jachère nue ouverte, c'est-à-dire en la laissant se recouvrir d'une végétation sauvage. Mais bientôt le terrain sera de nouveau épuisé par les produits que l'on en retirera.

Tel est le tableau qu'offre la culture très extensive de quelques rares contrées montagneuses, froides, où dominent des conditions agricoles et économiques peu favorables à l'exploitation du sol. Mais, même pour un régime intensif, pour une culture rationnelle et rémunératrice, le sol épuisé n'est pas inutilisable, ni en Amérique, ni en Italie,

ni dans nos contrées. Quand un régime dévastateur aurait ravi au terrain, par une longue succession de récoltes, 2000 ou 4000 kil. d'acide phosphorique par hectare, s'il se trouve encore dans une couche épaisse de 3 pieds, au lieu de 20000 kil. de cet élément, un approvisionnement de 16000 ou de 12000 kil. d'acide phosphorique, il n'y a pas d'obstacle absolu à l'obtention de produits analogues à ceux que l'agriculture intelligente tire actuellement des terres. Tout ce qui a été emporté par une culture plus ou moins spoliatrice peut être rendu et équilibré par des voies économiques, au point de restaurer la fécondité disparue et même de dépasser les rendements obtenus précédemment. Les fautes inconscientes des pères ne pèsent donc pas nécessairement sur la tête des enfants, lorsque ces derniers possèdent et savent appliquer les enseignements de la science, lorsqu'ils ont le talent d'en tirer un parti approprié aux circonstances.

La terre épuisée, dans le sens agricole, est d'abord restaurée par le fumier produit à la ferme; parfois, suivant les conditions, il suffit seul pour doubler ou même tripler les rendements. Ce système, dominant dans nos contrées depuis des siècles, a provoqué des oscillations marquées dans les rendements moyens; ici le produit en grain a augmenté, là une réduction est constatée, ailleurs il est resté stationnaire. Cependant, une proportion relativement faible de nourriture végétale est dérobée au sol et retourne en grande partie, sous forme d'engrais, pour passer par les mêmes phases; mais c'est précisément cette portion d'éléments ayant une mission active dans le sol ordinaire qui détermine l'importance des récoltes, indépendamment de la fraction, vraisemblablement beaucoup plus faible, que le sol livre à la nutrition végétale par la désagrégation et la décomposition des particules terreuses.

Mais l'état dans lequel se trouvent les terres ainsi traitées, et qui est celui que nous constatons presque partout comme dominant depuis des siècles dans les pays agricoles, est précisément aussi celui qui convient le mieux à une culture entièrement rationnelle. Le cultivateur peut exercer sa grande expérience et mettre en œuvre les lumières de la science, en s'orientant au moyen d'essais judicieux et faciles, sur l'état de richesse naturelle de ses terres et en soumettant soigneusement à l'épreuve tous les procédés qui, dans les conditions présentes, peuvent remplacer, d'une manière durable, cette fertilité naturelle par le degré relativement le plus élevé de puissance productive.

L'extension de la culture fourragère, des rotations culturales bien combinées, le perfectionnement des instruments du travail mécanique du sol, les labours profonds, l'application du drainage et d'autres innovations capitales ont, en général, élevé la production agricole; on produit plus d'engrais d'étable, on récolte mieux que jadis, on vend plus de grain qu'autrefois. Mais toutes ces améliorations augmentent les dangers d'une perturbation dommageable *dans la composition élémentaire du fumier d'étable;* elles peuvent, si l'on n'y veille, déterminer, dans la proportion respective des éléments nutritifs actifs de la couche cultivée, des modifications réduisant progressivement les produits des principales cultures ou rendant impossibles les rendements généraux les plus élevés.

Le cultivateur rationnel doit chercher avec persévérance, par des observations et des essais directs, les causes des manifestations qu'il saisit dans la marche de la production, et, à l'aide de tous les moyens que la science et l'expérience lui indiquent, s'efforcer de rétablir ou même d'améliorer l'état de choses antérieur.

Lorsque les grains et les produits du bétail forment

exclusivement les denrées de vente, il est à présumer que l'emploi des phosphates à action rapide et des engrais azotés, appliqués simultanément ou alternativement avec le fumier d'étable, restaurera rapidement, et d'une manière lucrative, l'aptitude du sol à livrer de riches récoltes de céréales. Si, au contraire, on exporte beaucoup de pommes de terre, et notamment la betterave à sucre, il est à supposer que le secours de la potasse, si facilement obtenue aujourd'hui, assurera de nouveau la réussite de ces plantes et d'autres cultures. Pour lutter contre les mauvaises récoltes des plantes à appareil radiculaire puissant, comme le trèfle, le colza, etc., il importe, tout d'abord, de recourir aux labours profonds et aux engrais dont les éléments actifs pénètrent facilement dans les couches inférieures du sol.

Mais, comme nous l'avons dit plus haut, le cultivateur prudent ne retardera pas ces études et l'emploi des engrais concentrés jusqu'à ce qu'une réduction apparente et caractéristique se manifeste dans les produits, au point de vue de la qualité ou de la quantité. Il doit plutôt constamment, même en opérant sur une petite échelle, établir des essais qui lui permettront d'apprécier d'avance la voie à suivre pour soutenir ou élever avantageusement les rendements, et, sans se laisser décourager par des résultats négatifs, il luttera contre l'insuccès en les variant et en les multipliant. Il en obtiendra sûrement des indications pratiques d'une haute valeur et qui l'indemniseront largement des embarras et des légers frais qu'ils auront nécessités.

La consommation des engrais concentrés a considérablement augmenté depuis quelques années en Allemagne, ainsi que l'on peut en juger par les quantités suivantes, relatives seulement aux arrivages à Hambourg. Constatons

d'abord que les importations en guano du Pérou, qui ont atteint leur apogée en 1876 par 109000 tonnes de 1000 kil., sont descendues à 26425 tonnes en 1879, pour tomber à 600 tonnes en 1884. En revanche, les importations en matières fertilisantes diverses augmentèrent remarquablement. En effet, elles s'élevèrent, pour les guanos phosphatés pauvres en azote et les phosphates minéraux, à 103000 tonnes (pour 1882 à 93095 tonnes); en outre, il fut introduit 330 tonnes de cendres d'os et 2990 tonnes de farine de viande de l'Amérique du Sud; la Norwège expédia 3775 tonnes de guano de poisson, l'Angleterre 28425 tonnes de sulfate d'ammoniaque (en 1884, 27905 tonnes), soit une importation totale de 167 millions 915000 kil. d'engrais divers, indépendamment de la masse énorme de nitrate de soude introduite par le même port.

Relativement à ce dernier engrais, l'abandon du monopole par le gouvernement du Chili, après la conclusion de la paix, a eu pour conséquence l'érection de nombreuses raffineries et une baisse notable du prix de vente. Tandis que les exportations du Chili et du Pérou se chiffraient, en 1878, par 356113 tonnes, pour tomber à 165350 tonnes en 1879, elles ont atteint, pour l'année 1883-1884, le chiffre de 1 million 315210 tonnes. Les expéditions pour l'Allemagne, *viâ* Hambourg seulement, ont suivi l'échelle ci-après : 1880, 49750 tonnes; 1881, 93400 tonnes; 1882, 129350 tonnes; 1883, 190000 tonnes; 1884, 221000 tonnes. En 1884, les producteurs ont résolu de limiter l'exportation annuelle à environ 500000 tonnes. La production croissante, sur le continent, du sulfate d'ammoniaque, bornera désormais une hausse excessive du nitrate.

Parmi les autres matières dont l'emploi agricole se développe notablement, citons aussi les sels de potasse de Stassfurt, dont l'utilité est surtout appréciée dans la culture

des sables et des sols tourbeux, ainsi que pour la fumure des prairies.

Déjà en 1878, les exploitations de la Lahn livraient plus de 25000 tonnes de phosphates, d'une teneur en acide phosphorique variant de 15 à 30 p. c.; ils étaient employés soit à l'état brut, soit après leur préparation en superphosphates. Sous cette dernière forme, leur importance grandit rapidement depuis que les perfectionnements de fabrication ont permis de les livrer meilleurs, plus riches, et d'abaisser le prix de l'élément essentiel. D'autre part, on traite chaque année, en Allemagne, plus de 50000 tonnes de charbon d'os dans les usines à superphosphates; plusieurs établissements livrent annuellement chacun plus de 5 millions de kil. à leur clientèle. Si l'on considère, en outre, que l'on répand chaque année sur les terres des quantités colossales de farines d'os, de déchets industriels variés, que l'on s'efforce de tirer un meilleur parti des engrais des villes, on doit reconnaître que l'on restitue déjà au sol allemand une notable partie des matériaux nutritifs susceptibles de couvrir le déficit dû à la vente des produits de la terre.

Il est permis d'évaluer la quantité d'engrais concentrés annuellement employée par l'agriculture allemande à 500000 tonnes, d'une valeur commerciale de 125 millions de francs, chiffre trop faible peut-être si l'on considère que, d'après la statistique de l'empire, l'étranger a livré en engrais concentrés, savoir, en :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1880, | 283856 | tonnes, | d'une | valeur approximative de | 80513000 francs. |
| 1881, | 306735 | » | » | » | 93958000 » |
| 1882, | 358554 | » | » | » | 104026000 » |

renfermant une quantité d'acide phosphorique égale à celle enlevée au sol par la production de 5 millions de tonnes de froment, ou environ les deux tiers de l'acide phosphorique

transporté au marché dans les produits nécessaires à la consommation de 40 millions d'hommes. Il est vrai que la répartition de ces engrais est très inégale : la Saxe et la province de ce nom rendent au sol, en moyenne, une quantité d'acide phosphorique dépassant l'épuisement; l'usage des engrais commerciaux est également très étendu en Hanovre, en Westphalie et sur le Rhin. Quoi qu'il en soit, il est certain que la consommation des engrais concentrés suit une augmentation progressive; à ne considérer que l'Allemagne, les quantités actuellement employées pourraient cependant être avantageusement trois à cinq fois plus fortes qu'aujourd'hui.

Ces progrès et l'émulation que l'on constate dans le domaine de l'agriculture sont très rassurants. Par un travail profond et soigné des terres, on met en circulation une quantité croissante de matériaux nutritifs végétaux; en favorisant la désagrégation et la décomposition par le chaulage, le marnage, etc., en adoptant une rotation judicieuse, en important des éléments de nutrition actifs, spécialement l'acide phosphorique, l'azote et la potasse, le cultivateur intelligent peut élever avec bénéfice d'une manière durable la fertilité de ses champs. Pour cela, il suffit généralement d'incorporer au sol une proportion relativement faible d'une nourriture végétale appropriée, qui, circulant rapidement, est aussi complètement utilisée que possible par les récoltes obtenues dans l'intervalle qui sépare deux fumures.

Cette voie est la meilleure garantie d'un grand produit net, en rapport avec les circonstances économiques et agricoles momentanément prédominantes. Le sol épuisé par une culture spoliatrice n'est pas stérilisé à jamais; on peut lui rendre sa fertilité antérieure et même la porter jusqu'aux dernières limites possibles. Souvent même, il est

permis, dans les terres originairement pauvres, d'obtenir lucrativement des rendements aussi grands que dans des sols beaucoup plus riches en nourriture végétale fixée chimiquement. En un mot, lorsque la pratique observe les principes dictés par la science et qu'elle abandonne les errements surannés du passé, elle peut, par la concentration d'éléments appropriés et un système intensif, retirer du sol des récoltes soutenues plus riches et ainsi satisfaire aux exigences croissantes du présent.

# SUPPLÉMENT.

# SUPPLÉMENT.

## TABLES

### POUR LE CALCUL DE L'ÉPUISEMENT ET DE L'ENRICHISSEMENT DU SOL.

**A. — Produits des cultures, produits industriels et déchets divers**[1].

*Proportion moyenne d'eau, d'azote, de cendres et des principaux éléments minéraux contenus dans 1000 kilogrammes de substance fraîche ou desséchée à l'air.*

| INDICATION DES MATIÈRES. | EAU. | AZOTE. | CENDRES. | POTASSE. | SOUDE. | CHAUX. | MAGNÉSIE. | ACIDE PHOSPHORIQUE. | ACIDE SULFURIQUE. | ACIDE SILICIQUE. | CHLORE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **I. — Fourrages secs.** | | | | | | | | | | | |
| Foin de prairie | 143 | 15.5 | 59.8 | 16.0 | 2.2 | 9.5 | 4.1 | 4.3 | 3.1 | 17.2 | 3.7 |
| Herbe jeune et regain | 160 | 19.1 | 76.0 | 22.3 | 3.0 | 10.4 | 5.1 | 5.9 | 4.1 | 19.4 | 4.5 |
| Foin de prairie irriguée à l'eau d'égout. | 160 | 28.7 | 80.1 | 35 0 | 2.5 | 9.5 | 3.2 | 9 3 | 4.6 | 6.9 | 9.9 |
| „ „ grasse | 150 | 25.5 | 82.4 | 31 6 | 1.3 | 10.1 | 4.6 | 7.4 | 2.7 | 15.9 | 8.4 |
| Qualité supérieure de foin de riches polders | 150 | — | 72.9 | 27 2 | 0 8 | 7.2 | 5.9 | 5.3 | 2.3 | 15 6 | 10.5 |
| Foin de pré salé | 150 | — | 65.5 | 19.1 | 7 6 | 8.5 | 2.8 | 4.7 | 4.1 | 12.6 | 7.1 |
| „ paturin maritime (*Poa maritima*) | 150 | — | 57.9 | 6.6 | 5.8 | 2.5 | 1.7 | 2.6 | 1.0 | 27.5 | 6 4 |
| Foin des Alpes | 150 | 18.5 | 29 7 | 7.7 | 0.4 | 7.1 | 2.4 | 2.7 | 1.4 | 7.2 | 0.7 |
| „ malsain[2] | 140 | 14.4 | 44.5 | 12.0 | 0.6 | 5.4 | 2.7 | 2.3 | 1.8 | 17.0 | 2.1 |
| „ des forêts (Norwège) | 150 | 13.6 | 26.7 | 7.7 | 0.4 | 2.5 | 2.1 | 1.4 | 1.4 | 9.9 | 1.1 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Foin aigre | 140 | — | 37.2 | 8.0 | | | 7.0 | | | | |
| „ de raygrass anglais | 143 | 16.3 | 58.2 | 20.2 | 2.0 | 4.3 | 1.3 | 6.2 | 2.3 | 18.5 | — |
| „ de timothy (fléole) | 143 | 13.5 | 58.5 | 20.3 | 1.1 | 4.7 | 1.9 | 6.9 | 1.7 | 18.8 | 6.1 |
| „ de dactyle | 143 | — | 50.8 | 16.7 | 2.2 | 3.1 | 1.4 | 3.6 | 1.3 | 16.7 | 3.0 |
| „ de céréales fanées à la floraison | 150 | — | 59.4 | 19.3 | 1.0 | 3.4 | 1.7 | 5.6 | 1.5 | 24.7 | 3.6 |
| „ de trèfle jeune | 167 | 35.5 | 82.3 | 29.7 | 1.9 | 23.5 | 7.6 | 10 0 | 1.8 | 2.5 | 2.3 |
| „ „ en boutons | 165 | 24.5 | 68.4 | 25.3 | 1.4 | 20.7 | 7.6 | 6.9 | 1.7 | 1.8 | 3.3 |
| „ „ en fleurs | 160 | 19.7 | 57.6 | 18.6 | 1.1 | 20.1 | 6.3 | 5.6 | 1.9 | 1.6 | 2.4 |
| „ „ bien mûr | 150 | 12.5 | 44.7 | 10.0 | 1.4 | 15.8 | 6.9 | 4.4 | 1.4 | 3.0 | 2.2 |
| „ „ mêlé d'herbe | 160 | 17.8 | 54.9 | 25.6 | 0.9 | 5 6 | 2.3 | 5.3 | 2.8 | 11.1 | 1.3 |
| „ „ blanc en fleur | 165 | 23.2 | 61.1 | 13.1 | 4.4 | 18.4 | 5.8 | 7.8 | 4.5 | 2.7 | 1.2 |
| „ „ hybride | 160 | 24.0 | 40.0 | 11.1 | 1.2 | 13.6 | 5.0 | 4.1 | 1.6 | 1.6 | 2.6 |
| „ „ incarnat | 167 | 19.5 | 50.7 | 11.7 | 4.3 | 16.0 | 3.1 | 3.6 | 1.3 | 8.2 | 2.2 |
| „ de lupuline | 167 | 23.3 | 53.7 | 16.8 | 4.4 | 14.9 | 4.5 | 4.4 | 2.2 | 1.9 | 1.8 |
| „ de luzerne au commencement de la floraison | 160 | 23.0 | 62.0 | 14.6 | 1.1 | 25.2 | 3.1 | 5.3 | 3.6 | 5.9 | 4.8 |
| „ de sainfoin en fleurs | 167 | 22.1 | 45.8 | 13.0 | 1.5 | 16.8 | 3.0 | 4.6 | 1.4 | 3.7 | 1.9 |
| „ de trèfle vulnéraire en fleurs | 167 | 22.1 | 53.2 | 14.5 | 0.7 | 27.7 | 2.5 | 4.7 | 0.7 | 1.7 | 1.8 |
| „ de serradelle | 167 | 21.6 | 81.6 | 31.9 | 1.7 | 18.2 | 2.8 | 9.1 | 3.1 | 7.0 | 0.6 |
| „ de vesces en fleurs | 167 | 22.7 | 56.0 | 19.7 | 2.4 | 16.3 | 4.6 | 6.2 | 3.4 | 1.1 | 2.1 |
| „ de pois verts | 167 | 22.9 | 62.4 | 23.2 | 2.3 | 15.6 | 6.3 | 6.8 | 5.1 | 0.8 | 1.4 |
| „ de lupin | 167 | 27.4 | 34.2 | 8.0 | 2.5 | 8.8 | 3.3 | 5.8 | 1.9 | 2.4 | 2.0 |
| „ de spergule | 167 | 19.2 | 56.3 | 19.7 | 4.5 | 10.8 | 6.8 | 8.3 | 1.9 | 0.8 | 0.6 |
| „ de sarrasin en fleurs | 160 | 21.4 | 69.1 | 21.4 | 1.6 | 27.9 | 9.2 | 4.2 | 2.5 | 0.8 | 4.4 |
| Colza fané, au commencement de la floraison | 160 | 29.9 | 68.0 | 22.6 | 2.3 | 15.0 | 2.7 | 7.6 | 9.5 | 3.2 | 0.5 |

(1) Les chiffres de ces tables sont déduits d'un travail d'ensemble, présentant toutes les analyses connues, publié par M. E. Wolff en 1871. Il est élémentaire que la composition qu'elles donnent pour chaque matière doit être modifiée lorsque la proportion d'eau diffère de celle que les tables renseignent; ces variations de la teneur en eau se constatent généralement pour les substances très aqueuses et spécialement pour les fourrages verts et les racines. De plus, il ne faut pas perdre de vue que la composition des cendres, pour la plante entière et pour chaque partie, change souvent dans de larges limites avec les conditions dans lesquelles les végétaux se sont développés. Les résultats calculés à l'aide de chiffres moyens n'ont donc qu'une valeur relative et ne peuvent être considérés que comme des indications très utiles, mais sans portée absolue.

(2) Foin de prairie originaire de contrées où la faiblesse des os (ostéomalacie) est fréquente chez le bétail.

| INDICATION DES MATIÈRES. | EAU. | AZOTE. | CENDRES. | POTASSE. | SOUDE. | CHAUX. | MAGNÉSIE. | ACIDE PHOSPHORIQUE. | ACIDE SULFURIQUE. | ACIDE SILICIQUE. | CHLORE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ortie fanée | 114 | 29.3 | 120.0 | 38.5 | 2.9 | 33.9 | 8.6 | 9.4 | 10.0 | 4.8 | 0.8 |
| Foin d'*Elodea canadensis* (Peste d'eau) | 169 | 24.3 | 166.2 | 23.6 | 16.1 | 52.3 | 9.4 | 16.0 | 6.8 | 24.0 | 6.1 |
| **II. — Fourrages verts.** | | | | | | | | | | | |
| Herbe de prairie en floraison | 750 | 4.8 | 17.5 | 4.7 | 0.7 | 2.8 | 1.2 | 1.2 | 0.9 | 5.0 | 1.1 |
| Jeune herbe et regain | 800 | 5.6 | 18.1 | 5 3 | 0 7 | 2.5 | 1 2 | 1.4 | 1.0 | 4.6 | 1.1 |
| Herbe de gras pâturage | 782 | 7.2 | 21 1 | 8.1 | 0.3 | 2.6 | 1.2 | 1.9 | 0.7 | 4.1 | 2 1 |
| Raygrass | 700 | 5 7 | 20 4 | 7.1 | 0.7 | 1 5 | 0.4 | 2.2 | 0.8 | 6.5 | 2.1 |
| Fléole (timothy) | 700 | 5 4 | 20 5 | 7·1 | 0.4 | 1.7 | 0.7 | 2.4 | 0.6 | 6 6 | 1.1 |
| Dactyle | 700 | — | 17.8 | 5 9 | 0.8 | 1 1 | 0 5 | 1.3 | 0.5 | 5.9 | 1.3 |
| Herbes douces en général | 700 | 5.4 | 22.1 | 7 1 | 0.6 | 1 7 | 0 7 | 1.8 | 0.9 | 8.1 | 1.3 |
| Seigle-fourrage | 760 | 5.3 | 16 3 | 6 3 | 0 1 | 1.2 | 0.5 | 2.4 | 0.2 | 5 2 | 0.6 |
| Avoine-fourrage | 810 | 3.7 | 14.2 | 5.6 | 0.5 | 0 9 | 0.4 | 1.3 | 0.5 | 4.4 | 0.6 |
| Céréales en fleurs | 785 | 4 5 | 15.0 | 4.4 | 0 3 | 0 9 | 0 4 | 1 4 | 0 4 | 6.2 | 0.6 |
| Maïs vert | 829 | 1.9 | 10 4 | 3.7 | 0 5 | 1 4 | 1.1 | 1.0 | 0 3 | 1.9 | 0.5 |
| Sorgho en fleurs | 773 | 4 0 | 14.0 | 3.9 | 1.9 | 1 3 | 0 6 | 0.8 | 0 5 | 4.0 | 1.1 |
| Moha, commencement de la floraison | 750 | 5.0 | 17.4 | 6.3 | 0.4 | 1.8 | 1.6 | 1 0 | 0.6 | 4.9 | 0.9 |
| Trèfle ordinaire, jeune | 860 | 6.0 | 14 0 | 5.1 | 0.3 | 3.9 | 1.3 | 1.7 | 0.3 | 0.4 | 0.6 |
| » » en boutons | 820 | 5.3 | 14.7 | 5 5 | 0 3 | 4.5 | 1 6 | 1.5 | 0 4 | 0.4 | 0.5 |
| » » en fleurs | 800 | 4.8 | 13 7 | 4.4 | 0.3 | 4 8 | 1 5 | 1.3 | 0 4 | 0.4 | 0.5 |
| Trèfle mêlé d'herbe | 750 | 5 3 | 16.4 | 7 6 | 0.3 | 1 7 | 0.7 | 1.6 | 0.8 | 3.3 | 0 3 |
| » blanc en fleurs | 805 | 5.6 | 14.3 | 3 1 | 1.0 | 4.3 | 1.4 | 1.8 | 1.1 | 0.6 | 0.6 |
| » hybride | 820 | 5.3 | 8 6 | 2 4 | 0.3 | 2.9 | 1 1 | 0.9 | 0.4 | 0.3 | 0.5 |
| » incarnat | 815 | 4.3 | 11 3 | 2.6 | 1.0 | 3 6 | 0.7 | 0.8 | 0 3 | 1 8 | 0.4 |
| Luzerne au commencement de la floraison | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Safrion en fleurs | | | | | | | | | | | | |
| Trèfle vulnéraire en fleurs | 830 | 4.5 | 10 9 | 3 0 | 0.1 | 5.7 | 0 5 | 1.0 | 0 2 | 0 4 | 0.1 |
| Serradelle en fleurs | 800 | 4 8 | 19.6 | 7.7 | 0 4 | 4 3 | 0 7 | 2.2 | 0.8 | 1 7 | 0.5 |
| Vesces vertes » | 820 | 5.6 | 12 1 | 4 3 | 0 5 | 3.5 | 1.0 | 1 3 | 0 7 | 0.2 | 0 3 |
| Pois verts » | 815 | 5.1 | 13 9 | 5 2 | 0 5 | 3 5 | 1 4 | 1 5 | 1 1 | 0 2 | 0 4 |
| Lupins verts | 800 | 5 0 | 6.2 | 1 5 | 0 5 | 1 6 | 0 6 | 1 1 | 0.4 | 0 4 | 0.1 |
| Spergule des champs | 800 | 3.7 | 13 5 | 4.7 | 1.1 | 2 6 | 1 6 | 2 0 | 0 5 | 0.2 | 1 1 |
| Sarrasin en fleurs | 850 | 3 9 | 12 4 | 3.8 | 0.3 | 5.0 | 1.6 | 0.8 | 0 5 | 0 1 | 0 1 |
| Colza vert, au commencement de la floraison | 870 | 4 6 | 10 5 | 3 5 | 0 4 | 2 3 | 0 4 | 1.2 | 1 5 | 0 5 | 0 8 |
| Ortie brûlante | 830 | 5.6 | 23 0 | 7 4 | 0 6 | 6.5 | 1 6 | 1 8 | 1 9 | 0.9 | 1.5 |
| *Elodea canadensis* (Peste d'eau) | 880 | 3.5 | 24 0 | 3 4 | 2 3 | 7.6 | 1 4 | 2 3 | 1 0 | 3 5 | 0.9 |
| Cônes de houblon épuisés | 856 | 4 3 | 4 6 | 0 4 | 0.1 | 1 2 | 0 6 | 1 1 | 0.2 | 0 7 | 0.0 |
| **III. — Racines et tubercules.** | | | | | | | | | | | |
| Pomme de terre | 750 | 3.4 | 9 5 | 5 8 | 0 3 | 0 3 | 0 5 | 1 6 | 0.6 | 0 2 | 0 3 |
| Topinambour | 800 | 3.2 | 9 8 | 4 7 | 1 0 | 0.3 | 0 3 | 1 4 | 0 6 | 0.2 | 0 4 |
| Betterave fourragère | 880 | 1.8 | 9 1 | 4 8 | 1.5 | 0.3 | 0 4 | 0 8 | 0 3 | 0 2 | 0.9 |
| » à sucre | 815 | 1.6 | 7 1 | 3 8 | 0.6 | 0.4 | 0 6 | 0 9 | 0 3 | 0 2 | 0.3 |
| Turneps-navet | 920 | 1 8 | 6 4 | 2 9 | 0 6 | 0 7 | 0 2 | 0 8 | 0.7 | 0.1 | 0 3 |
| Rutabaga | 870 | 2 1 | 7 5 | 3 5 | 0.4 | 0.9 | 0 3 | 1 1 | 0 7 | 0 1 | 0.5 |
| Carotte | 850 | 2 2 | 8.2 | 3 0 | 1 7 | 0 9 | 0 4 | 1 1 | 0.5 | 0 2 | 0 4 |
| Chicorée | 800 | 2 5 | 6 7 | 2 6 | 1 0 | 0.5 | 0 3 | 0 8 | 0.5 | 0 3 | 0 5 |
| Collets de betterave à sucre | 840 | 2.0 | 9 6 | 2.8 | 2 3 | 0.9 | 1.1 | 1.2 | 0.7 | 0 2 | 0 3 |
| **IV. — Feuilles et tiges des plantes-racines.** | | | | | | | | | | | |
| Pomme de terre, presque à la maturité | 770 | 4.9 | 19.7 | 4 3 | 0 4 | 6.4 | 3 3 | 1.6 | 1 3 | 0 9 | 1 1 |
| » » avant maturité | 825 | 6.3 | 16.5 | 4.4 | 0.3 | 5 1 | 2 4 | 1.2 | 0 8 | 1.2 | 0.9 |
| Topinambour | 800 | 5.3 | 14 5 | 3 1 | 0.2 | 5 0 | 1 3 | 0 7 | 0 2 | 3 6 | 0 4 |
| Betterave fourragère | 905 | 3.0 | 14 6 | 4 5 | 2 8 | 1 6 | 1 4 | 1.0 | 0 8 | 0 5 | 2 3 |
| » à sucre | 897 | 3 0 | 15 3 | 4.0 | 2 0 | 3.1 | 1 7 | 0 7 | 0 8 | 1 6 | 1 3 |
| Turneps-navet | 898 | 3.0 | 11.9 | 2 8 | 1.1 | 3 9 | 0 5 | 0 9 | 1.1 | 0 5 | 1 2 |
| Carotte | 822 | 5 1 | 23 9 | 2 9 | 4 7 | 7.9 | 0 8 | 1 0 | 1 8 | 2 4 | 2 4 |

| INDICATION DES MATIÈRES. | EAU. | AZOTE. | CENDRES. | POTASSE. | SOUDE. | CHAUX. | MAGNÉSIE. | ACIDE PHOSPHORIQUE. | ACIDE SULFURIQUE. | ACIDE SILICIQUE. | CHLORE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rutabaga | 884 | 3 4 | 19.6 | 2 8 | 0 8 | 6 5 | 0 8 | 2.0 | 2 3 | 2 1 | 1 5 |
| Chicorée | 850 | 3 5 | 16 5 | 4 3 | 2 9 | 3 3 | 0 4 | 1 0 | 1 4 | 0 6 | 2 7 |
| Chou blanc | 890 | 2.4 | 15.6 | 5.8 | 1 5 | 2 8 | 0 6 | 1.4 | 2 4 | 0 1 | 1 3 |
| **V. — Légumes.** | | | | | | | | | | | |
| Panais, racine | 793 | 5.4 | 10 0 | 5 4 | 0 2 | 1 1 | 0 6 | 1 9 | 0.5 | 0 2 | 0.4 |
| Asperges (partie comestible) | 933 | 3.2 | 5 0 | 1 2 | 0 6 | 0 6 | 0 2 | 0 9 | 0 3 | 0 5 | 0.3 |
| Raifort, racine | 767 | 4.3 | 19.7 | 7 7 | 0.4 | 2 0 | 0 4 | 2 0 | 4 9 | 1 5 | 0 3 |
| Patate | 758 | 2.4 | 7 4 | 3 7 | 0.5 | 0 7 | 0 3 | 0.8 | 0 4 | 0.3 | 0 9 |
| Chou-rave, racine | 850 | 4 8 | 12.3 | 4 3 | 0 8 | 1 4 | 0 8 | 2 7 | 1 1 | 0 3 | 0.6 |
| Radis | 933 | 1 9 | 4 9 | 1.6 | 1.0 | 0 7 | 0 2 | 0 5 | 0 3 | — | 0.5 |
| Céleri, racine | 841 | 2 4 | 17 6 | 7.6 | — | 2 3 | 1.0 | 2 2 | 1 0 | 0 7 | 2 8 |
| Concombre | 956 | 1 6 | 5 8 | 2 4 | 0 6 | 0.4 | 0 2 | 1 2 | 0.4 | 0 5 | 0.4 |
| Citrouille | 900 | 1.1 | 4.4 | 0 9 | 0 9 | 0.3 | 0 2 | 1 6 | 0 1 | 0 3 | — |
| Artichaut | 811 | — | 10 1 | 2.4 | 0.7 | 1 0 | 0 4 | 3 9 | 0 5 | 0 7 | 0 2 |
| Chou blanc (feuilles du cœur) | 900 | 3.0 | 9 6 | 4 3 | 0 8 | 1 2 | 0 4 | 1 1 | 1 3 | 0 1 | 0.5 |
| „ de Savoie (cœur) | 871 | 5 3 | 14 0 | 3.9 | 1.4 | 3 0 | 0 5 | 2 1 | 1 2 | 0 7 | 1 1 |
| Choufleur (cœur) | 904 | 4 0 | 8.0 | 3 6 | 0.5 | 0 5 | 0 3 | 1.6 | 1 0 | 0.3 | 0.3 |
| Laitue | 940 | — | 8.1 | 3.7 | 0.8 | 0 5 | 0 2 | 0.7 | 0 3 | 1 6 | 0.4 |
| Salade pommée | 943 | 2.2 | 10.3 | 3.9 | 0.8 | 1.5 | 0.6 | 1 0 | 0 4 | 0 8 | 0 8 |
| „ romaine | 925 | 2.0 | 9 8 | 2.5 | 3.5 | 1 2 | 0.4 | 1.1 | 0 4 | 0.3 | 0 4 |
| Épinard | 903 | 4.9 | 16 0 | 2.7 | 5.7 | 1 9 | 1.0 | 1 6 | 1.1 | 0 7 | 1 0 |
| Civette (ciboulette) | 820 | 6.2 | 9 9 | 3.3 | 0.4 | 2.1 | 0 5 | 1 5 | 1.2 | 0 3 | 0.4 |
| Poireau, racine | 876 | 4.5 | 8 4 | 2 6 | 1.2 | 0.9 | 0 3 | 1.4 | 0.6 | 0.6 | 0 3 |
| „ feuilles | 908 | 3.4 | 7.6 | 3.1 | 0.5 | 1 7 | 0.3 | 0.6 | 0 3 | 0.6 | 0 5 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oignons | | | | | | | | | | | |
| Champignons comestibles | 888 | 4 7 | 10.0 | 5.1 | 0.2 | 0.1 | 0 3 | 3 4 | 0 4 | 0.1 | 0 1 |
| **VI. — Grains, graines et fruits.** | | | | | | | | | | | |
| Froment d'hiver | 144 | 20.8 | 16.8 | 5.2 | 0.3 | 0.5 | 2.0 | 7.9 | 0.1 | 0.3 | 0.1 |
| » de printemps | 143 | 20.5 | 18.3 | 5.6 | 0.3 | 0.5 | 2.2 | 9.0 | 0.2 | 0.3 | 0.1 |
| Epeautre sans balles | 143 | 22.0 | 14.4 | 4.3 | 0.7 | 0.6 | 1.8 | 6.5 | — | 0.1 | — |
| » dans ses balles | 148 | 16.0 | 36.6 | 5.7 | 0.4 | 1.0 | 2.6 | 7.6 | 1.1 | 17.1 | 0.2 |
| Seigle d'hiver | 143 | 17.6 | 17.9 | 5.8 | 0.3 | 0.5 | 2.0 | 8.5 | 0.2 | 0.3 | 0.1 |
| » de printemps | 143 | — | 18.0 | 6.2 | 0.3 | — | 2.2 | 9.2 | — | 0.2 | — |
| Orge d'été | 143 | 16.0 | 22.3 | 4.7 | 0.5 | 0.6 | 2.0 | 7.8 | 0.4 | 5.8 | 0.2 |
| » d'hiver | 145 | 16.0 | 17.0 | 2.8 | 0.7 | 0.1 | 2.1 | 5.6 | 0.5 | 4.9 | — |
| Avoine | 143 | 19.2 | 26.7 | 4.8 | 0.4 | 1.0 | 1.9 | 6.8 | 0.5 | 10.5 | 0.3 |
| Maïs | 144 | 16.0 | 12.4 | 3.7 | 0.1 | 0.3 | 1.9 | 5.7 | 0.1 | 0.3 | 0.2 |
| Millet | 140 | 20.3 | 29.5 | 3.2 | 0.4 | 0.2 | 2.8 | 6.5 | 0.1 | 15.6 | 0.1 |
| » sucré | 140 | — | 23.4 | 3.5 | 2.0 | 0.2 | 3.1 | 5.8 | 0 2 | 8.6 | — |
| Sorgho | 140 | — | 16.0 | 3.3 | 0.5 | 0.2 | 2.4 | 8.1 | — | 1.2 | — |
| Sarrasin | 140 | 14.4 | 11.8 | 2.7 | 0.7 | 0.5 | 1.5 | 5.7 | 0.2 | — | 0.2 |
| Pois | 143 | 35.8 | 23.4 | 10.1 | 0.2 | 1.1 | 1.9 | 8.4 | 0.8 | 0.2 | 0.4 |
| Féverole | 145 | 40.8 | 31.0 | 12.9 | 0.3 | 1.5 | 2.2 | 12 1 | 1.1 | 0.2 | 0.5 |
| Fève de marais | 150 | 39.0 | 27.4 | 12.1 | 0.4 | 1.7 | 2.1 | 9.7 | 1.1 | 0.2 | 0.3 |
| Soja | 100 | 53.4 | 28.3 | 12.6 | 0.3 | 1 5 | 2.5 | 10.4 | 0.8 | — | 0.1 |
| Lupin | 130 | 56.6 | 37.0 | 11.4 | 0.3 | 2.8 | 4.5 | 14.2 | 3.2 | 0.1 | 0.3 |
| Vesce | 143 | 44.0 | 26.6 | 8.0 | 2.1 | 2.2 | 2.4 | 9.9 | 1.0 | 0.3 | 0.7 |
| Trèfle ordinaire | 150 | 30.5 | 38.3 | 13.5 | 0.4 | 2.5 | 4.9 | 14.5 | 0.9 | 0.5 | 0.5 |
| » blanc | 150 | — | 33.8 | 12.3 | 0.2 | 2.5 | 3.9 | 11.6 | 1.6 | 0.8 | 0.5 |
| Sainfoin | 160 | — | 38.4 | 11.0 | 1.1 | 12.3 | 2.6 | 9.2 | 1.2 | 0.3 | 0.5 |
| Serradelle | 120 | 34.9 | 28.4 | 8.2 | 2.2 | 5.5 | 2.7 | 7.8 | — | 0.6 | 1.7 |
| Betterave fourragère | 140 | — | 48.8 | 9.1 | 8.5 | 7.6 | 8.6 | 7.6 | 2.1 | 1.1 | 5.3 |
| » à sucre | 146 | — | 45.3 | 11.1 | 4.2 | 10.2 | 7.3 | 7.5 | 2.0 | 0.8 | 1.9 |
| Carotte | 120 | — | 74.8 | 14.3 | 3.5 | 29.1 | 5.0 | 11.8 | 4.2 | 4.0 | 2 8 |
| Chicorée | 130 | — | 54.6 | 6.5 | 4.6 | 17.3 | 5.9 | 16.5 | 2.4 | 0.6 | 0.5 |
| Turneps | 125 | — | 34.6 | 7.6 | 0.4 | 6.1 | 3.1 | 14.0 | 2.5 | 0.2 | — |
| Colza | 118 | 31.2 | 39.2 | 9.6 | 0.6 | 5.5 | 4.6 | 16.6 | 0.9 | 0.5 | 0.1 |

| INDICATION DES MATIÈRES. | EAU. | AZOTE. | CENDRES | POTASSE. | SOUDE. | CHAUX. | MAGNÉSIE. | ACIDE PHOSPHORIQUE | ACIDE SULFURIQUE. | ACIDE SILICIQUE. | CHLORE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Navette d'été | 120 | 36.8 | 34.9 | 7.7 | — | 5.2 | 4.7 | 14.9 | 2.3 | — | — |
| Moutarde | 130 | — | 36.5 | 5.9 | 2.0 | 7.0 | 3.7 | 14.6 | 1.8 | 0.9 | 0.2 |
| Pavot | 147 | 28.0 | 51.5 | 7.0 | 0.5 | 18.2 | 4.9 | 16.2 | 1 0 | 1.7 | 2.4 |
| Lin | 118 | 32.8 | 32.6 | 10.0 | 0.7 | 2.6 | 4.7 | 13.5 | 0.8 | 0.4 | — |
| Coton | 77 | 36.5 | 33.8 | 10.9 | 2.3 | 1.9 | 5.6 | 10.5 | 0.7 | 0.1 | 0.5 |
| Chanvre | 122 | 26.1 | 46.3 | 9.4 | 0.4 | 10.9 | 2.6 | 16.9 | 0.1 | 5.5 | — |
| Cumin | 130 | — | 46.4 | 12.2 | 3.0 | 8.4 | 3.8 | 11.3 | 2.5 | 2.3 | 1.4 |
| Coriandre | 135 | — | 41.2 | 14.5 | 0.5 | 9.1 | 5.0 | 7.6 | 2.8 | 0.4 | 1.0 |
| Fenouil | 134 | — | 61.4 | 19.6 | 1.5 | 12.1 | 8.6 | 10.1 | 0.5 | 0.2 | 2.1 |
| Aneth | 133 | — | 54.7 | 17.3 | 1.3 | 14.5 | 4.1 | 9.5 | 3.7 | 1.4 | 2.7 |
| Garance | 144 | — | 62.5 | 17.4 | 3.8 | 15.5 | 1.7 | 5.1 | 2.3 | 6.8 | 3.9 |
| Baies de raisin | 110 | 19.0 | 22.7 | 6.9 | 0.5 | 5.6 | 1.4 | 7.0 | 0.8 | 0.2 | 0.1 |
| Amande de noix de coco | 466 | 8.8 | 9.7 | 4.3 | 0.8 | 0.5 | 0.9 | 1.7 | 0.5 | 0.1 | 1.3 |
| " " (du noyer) | 450 | — | 11.7 | 3.6 | 0.3 | 1.0 | 1.5 | 5.1 | — | — | — |
| Châtaigne (fraîche) | 492 | 6.9 | 12.0 | 7.1 | — | 1.4 | 0.1 | 2.7 | 0.3 | 0.3 | 0.8 |
| Gland (frais) | 553 | 4.0 | 9.8 | 6.3 | 0.1 | 0.7 | 0.5 | 1.5 | 0.4 | 0.1 | 0.2 |
| Grappe de raisin | 830 | 1.7 | 8.8 | 5.0 | 0.1 | 1.0 | 0.4 | 1.4 | 0,5 | 0.3 | 0.1 |
| Pomme (fruit entier) | 831 | 0.6 | 2.2 | 0.8 | 0.6 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | — |
| Poire | 831 | 0.6 | 3.3 | 1.8 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 0.1 | — |
| Cerise | 825 | — | 3.9 | 2.0 | 0.1 | 0 3 | 0.2 | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 0.1 |
| Prune | 838 | — | 2.9 | 1.7 | — | 0.3 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | — |
| Groseille | 903 | — | 3.3 | 1.3 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.7 | 0 2 | 0.1 | — |
| Fraise | 902 | — | 3.3 | 0.7 | 0.9 | 0.5 | — | 0.5 | 0.1 | 0.4 | 0.1 |

**VII. — Pailles.**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Froment de printemps | 143 | 5.6 | 38.1 | 11.0 | 1.0 | 2.6 | 0.9 | 2.0 | 1.2 | 18.2 | 0.8 |
| Epeautre d'hiver | 143 | 4.0 | 50.1 | 5.2 | 0.3 | 2.9 | 1.2 | 2.6 | 1.2 | 36.0 | 0.5 |
| Seigle d'hiver | 143 | 4.0 | 38.2 | 8.6 | 0.7 | 3.1 | 1.2 | 2.5 | 1.6 | 18.8 | 0.8 |
| » de printemps | 143 | 5.6 | 46.7 | 11.7 | — | 4.0 | 1.2 | 2.8 | 1.5 | 25.2 | — |
| Orge d'été | 143 | 6.4 | 45.9 | 10.7 | 1.6 | 3.3 | 1.2 | 1.9 | 1.8 | 23.4 | 1.5 |
| Avoine | 143 | 5.6 | 61 6 | 16.3 | 2.0 | 4.3 | 2 3 | 2.8 | 2.0 | 28.8 | 2.7 |
| Maïs | 150 | 4.8 | 45.3 | 16.4 | 0.5 | 4.9 | 2.6 | 3.8 | 2.4 | 13.1 | 0.6 |
| Sarrasin | 160 | 13.0 | 51.7 | 24.2 | 1 1 | 9.5 | 1.9 | 6.1 | 2.7 | 2.9 | 4.1 |
| Pois | 160 | 10.4 | 43.1 | 9.9 | 1.8 | 15.9 | 3.5 | 3.5 | 2.7 | 2.9 | 2.3 |
| Féverole | 160 | 16.3 | 44.9 | 19.4 | 0.8 | 12.0 | 2.6 | 2.9 | 1.8 | 3.2 | 2.0 |
| Fève de marais | 160 | — | 40.2 | 12.8 | 3.2 | 11.1 | 2.5 | 3.9 | 1.7 | 1.9 | 3.1 |
| Soja | 140 | 13.1 | 32.7 | 5.0 | 0.7 | 14.6 | 5.0 | 3.1 | 2.1 | 1.8 | — |
| Vesce, fourrage | 160 | 12.0 | 44.1 | 6.3 | 6.9 | 15.6 | 3.7 | 2.7 | 3.3 | 3.6 | 2.2 |
| Lupin | 160 | 9.4 | 42.6 | 17.7 | 1.3 | 9.7 | 3.4 | 2.5 | 3.4 | 1.2 | 1.4 |
| Colza | 160 | 5.6 | 41.3 | 11.3 | 3.9 | 11.7 | 2.5 | 2.5 | 3.1 | 2.6 | 3.5 |
| Pavot | 160 | — | 48.6 | 18.4 | 0.6 | 14.7 | 3.1 | 1 6 | 2.5 | 5.5 | 1.3 |
| **VIII. — Balles, siliques, etc.** | | | | | | | | | | | |
| Froment d'hiver | 143 | 7.2 | 92.0 | 8.4 | 1.7 | 1.7 | 1.2 | 4.0 | — | 74.7 | — |
| Epeautre » | 143 | 5.6 | 81.4 | 7.7 | 0.3 | 2.0 | 2.0 | 5.9 | 1.9 | 60.4 | — |
| Seigle » | 143 | 5.8 | 82.7 | 5.2 | 0.3 | 3.5 | 1.1 | 5.6 | 0.1 | 66.4 | 0.4 |
| Arêtes d'orge | 143 | 4.8 | 118.6 | 9.3 | 1.1 | 12.5 | 1.5 | 2.4 | 3.6 | 85.6 | 0.8 |
| Avoine | 143 | 6.4 | 71.2 | 4.5 | 2.9 | 4.0 | 1.5 | 1.3 | 3.5 | 50.4 | 0.8 |
| Balles de riz | 100 | 5.0 | 90.0 | 1.4 | 1.4 | 0.9 | 1.8 | 1.7 | 0.8 | 80.7 | — |
| Rafles d'épis de maïs (moelle) | 140 | 2.3 | 4.5 | 2.3 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0 2 | 0.1 | 1.3 | 0.2 |
| Féverole (siliques) | 150 | 16.8 | 54.7 | 35.5 | 1.3 | 6.8 | 6.0 | 2.7 | 1.2 | 0.3 | 1.0 |
| Lupin » | 143 | 7.2 | 19.1 | 9.4 | 1.3 | 4.4 | 0.8 | 1.0 | 0.4 | 0.9 | 0.3 |
| Colza » | 140 | 6.4 | 70.1 | 9.5 | 3.0 | 35 1 | 5.8 | 3.7 | 6.4 | 0.8 | 3.5 |
| Capsules de lin | 116 | 5.6 | 53.9 | 15.0 | 3.0 | 15.6 | 3.3 | 4.5 | 3.8 | 4.5 | 4.1 |
| » de cameline | 112 | 4.3 | 43.3 | 12.7 | 1.3 | 16 0 | 2.3 | 1.5 | 4.6 | 3.6 | 0.7 |
| **IX. — Plantes industrielles.** | | | | | | | | | | | |
| Tiges de lin | 120 | — | 31.1 | 9.7 | 2.5 | 6.9 | 2.0 | 4.2 | 2.0 | 1.7 | 1.3 |
| » rouies | 100 | — | 7.0 | 0.3 | 0.2 | 3.6 | 0.2 | 0.8 | 0.2 | 1.3 | — |
| Fibre de lin | 100 | — | 6.8 | 0.3 | 0.3 | 3.6 | 0 3 | 0.7 | 0.3 | 0.8 | — |

| INDICATION DES MATIÈRES. | EAU. | AZOTE. | CENDRES. | POTASSE. | SOUDE. | CHAUX. | MAGNÉSIE | ACIDE PHOSPHORIQUE. | ACIDE SULFURIQUE. | ACIDE SILICIQUE. | CHLORE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tiges de chanvre | 108 | — | 31.7 | 5 5 | 0 6 | 16.8 | 2.1 | 2.1 | 0 6 | 3 1 | 0.6 |
| Cônes de houblon | 120 | 32.2 | 66.3 | 23.0 | 1 5 | 11.0 | 3 6 | 11.1 | 2.4 | 10.9 | 2 1 |
| Tiges „ | 160 | 15 7 | 38 3 | 11 2 | 1 4 | 12.5 | 2.7 | 3 9 | 1.2 | 2 9 | 3 1 |
| Plante entière de houblon | 140 | 25.0 | 72.9 | 17.9 | 1.9 | 19.7 | 7.0 | 5 8 | 2.9 | 13.3 | 3 7 |
| Feuilles de tabac | 180 | 34 8 | 140.7 | 40.9 | 4.5 | 50 7 | 10.4 | 6 6 | 8 5 | 8.1 | 9.4 |
| Tiges „ | 180 | 24.6 | 64 7 | 28.2 | 6 6 | 12.4 | 0 5 | 9.2 | 2.2 | 1.6 | 2 4 |
| Racine de garance | 450 | — | 32 6 | 14.0 | 1.9 | 8.9 | 2 2 | 2.4 | 0 8 | 1.1 | 1 8 |
| Rafle de raisin | 630 | 5 6 | 21.2 | 10.9 | 0.8 | 2 7 | 0 7 | 1.8 | 1.7 | 0.8 | 0 3 |
| Marc de raisin | 650 | — | 36 7 | 17.2 | 0.2 | 4 0 | 1 5 | 4.6 | 1 8 | 3.8 | 0.2 |
| Levure de vin | 536 | 13.1 | 47 6 | 33.4 | 0.1 | 4.0 | 0 4 | 3.6 | 1 3 | 3 2 | — |
| Jus de raisin | 840 | 1.8 | 4.7 | 3 1 | 0.1 | 0.3 | 0 2 | 0.6 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| Rameaux de vigne et branches | 550 | 4 1 | 12.7 | 4.1 | 1.3 | 4.0 | 0 7 | 1 4 | 0 5 | 0.3 | 0.1 |
| Feuilles de thé | 80 | 35.6 | 47.8 | 16 4 | 4 9 | 7.1 | 2.4 | 7.2 | 3.4 | 2.4 | 0 9 |
| Feuilles de mûrier | 720 | 14.0 | 30.1 | 7 3 | 0 5 | 9.6 | 3 9 | 2.4 | 0.7 | 7.2 | 0.3 |
| **X. — Litières diverses.** | | | | | | | | | | | |
| Roseaux | 180 | — | 33.5 | 6 0 | 0.2 | 2.7 | 0 9 | 1 8 | 0 8 | 20.0 | 1 2 |
| Joncs | 140 | — | 56 0 | 16 9 | 4.7 | 4 2 | 3.0 | 4 3 | 2 0 | 11.8 | 7 3 |
| Varechs | 150 | — | 146.7 | 17 7 | 31.0 | 20.9 | 12.5 | 4 2 | 34.7 | 2.9 | 24.2 |
| Bruyère | 200 | 10 0 | 16.6 | 2.1 | 1 1 | 3 6 | 1.6 | 1.1 | 0.7 | 4.3 | 0.4 |
| Mousse | 250 | — | 20 6 | 3.4 | 1.4 | 2.9 | 1 3 | 1.6 | 1.1 | 5.5 | 0.7 |
| Fougère | 250 | — | 48.7 | 18.6 | 1 8 | 5.6 | 3 1 | 3.7 | 1 7 | 10.0 | 3 7 |
| Genêt à balai | 250 | — | 13.6 | 4.8 | 0.3 | 2.2 | 1.6 | 1.1 | 0.4 | 1.3 | 0.2 |
| Feuilles de hêtre, en août | 560 | 13.0 | 21.6 | 4 4 | 0.4 | 6.3 | 1.6 | 1.8 | 0 5 | 6.2 | — |
| Litière de feuillage de hêtre | 140 | 10.0 | 46.7 | 2.3 | 0.5 | 21.2 | 3.1 | 2.4 | 1.0 | 14.5 | — |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Litière de feuillage de chêne | 140 | 10.0 | 40.1 | 3.5 | 1.3 | 17.1 | 4.3 | 2.0 | 0.9 | 5.4 | — |
| " " de pin sylvestre | 135 | 8.0 | 12.2 | 1 3 | 0.5 | 4 6 | 1.2 | 1 0 | 0.5 | 1 8 | — |
| " " de mélèze | 140 | — | 34 3 | 1.6 | 0.5 | 7 5 | 2 4 | 1.3 | 0 6 | 19 6 | — |
| " " d'épicea | 126 | 9.0 | 40 3 | 1.3 | 0.4 | 16.0 | 1 8 | 2.0 | 0 6 | 18.1 | — |
| " " de sapin | 132 | — | 32 8 | 2.7 | 0.5 | 19.5 | 2.3 | 2.7 | 0.8 | 2 5 | — |
| Sciure de sapin | 150 | — | 28 1 | 7.4 | 1.8 | 10 8 | 2.0 | 3 0 | 1.4 | 0.8 | — |
| **XI. — Produits et déchets d'industries.** | | | | | | | | | | | |
| Son de froment | 131 | 22.4 | 53.5 | 15 3 | 0.3 | 1.5 | 9 0 | 26.9 | — | 0.2 | — |
| " de seigle | 125 | 23.2 | 71.9 | 19 4 | 0.5 | 2 1 | 11 4 | 34.4 | — | 1 4 | — |
| Farine fourragère d'orge | 130 | — | 21 1 | 5 5 | 0 4 | 0 7 | 2 8 | 10 8 | 0 3 | 0 3 | — |
| " d'orge | 120 | 17.6 | 49 5 | 8.3 | 0 7 | 1 9 | 3 1 | 9.1 | 0.9 | 24.1 | 0 6 |
| Ecales d'avoine | 140 | 4.3 | 34 7 | 4.9 | 0.3 | 1 4 | 1.0 | 1 6 | 1 3 | 23.2 | 0.5 |
| Son de sarrasin | 140 | 27.2 | 29.8 | 9.7 | 0 6 | 2.9 | 4.0 | 10 7 | 0.9 | 0.6 | — |
| Son de riz (farine fourragère) | 100 | 19.1 | 54 7 | 6.1 | 1.2 | 1.2 | 9 5 | 23 8 | 0.2 | 10 3 | — |
| Ecales de riz | 100 | 4.9 | 153.9 | 2.4 | 0.5 | 0 8 | 0.1 | 4.1 | 0 7 | 143.5 | 0.2 |
| Farine fine de froment | 136 | 18.9 | 4 4 | 1 5 | 0 1 | 0 3 | 0.4 | 2.2 | — | — | — |
| " ordinaire de froment | 120 | 21.6 | 11 2 | 3 5 | 0.1 | 0 6 | 1.4 | 5.6 | — | — | — |
| Folle farine de froment | 92 | 24 4 | 26 5 | 8.4 | 0.6 | 2.2 | 3.5 | 11 7 | — | — | — |
| Farine de seigle | 142 | 16 8 | 16 9 | 6.5 | 0.3 | 0.2 | 1.4 | 8.2 | — | — | — |
| " de maïs | 140 | 16.0 | 5 9 | 1 7 | 0 2 | 0 4 | 0 9 | 2.7 | — | — | — |
| " d'orge | 140 | 16.0 | 20.0 | 5 8 | 0 5 | 0 6 | 2 7 | 9 5 | 0 6 | — | — |
| Malt torréfié | 75 | 16 0 | 25 6 | 4 4 | — | 1.0 | 2.2 | 9 3 | — | 8 5 | — |
| " vert | 475 | 10 4 | 14 6 | 2.5 | — | 0.5 | 1.2 | 5 3 | — | 4 8 | — |
| Germes de malt | 80 | 36 8 | 67 6 | 20 8 | 1 2 | 1 9 | 1.9 | 18.2 | 2 7 | 14 9 | 4 7 |
| Drèche de brasserie | 766 | 7.8 | 10 6 | 0.4 | 0 1 | 1 5 | 1 1 | 3 9 | — | 3.5 | — |
| Bière | 900 | 0 5 | 3.1 | 1 1 | 0 3 | 0.3 | 0 2 | 1.0 | 0 1 | 0 3 | 0 1 |
| Vinasses de pommes de terre | 930 | 2.1 | 6 6 | 3 0 | 0 5 | 0 1 | 0 6 | 1 3 | 0.5 | 0.2 | 0.2 |
| Fibre de pommes de terre | 850 | 1.3 | 1 1 | 0.2 | — | 0.5 | 0 1 | 0 3 | — | — | — |
| Pulpe de presse des sucreries | 700 | 2.9 | 11 1 | 3 8 | 0 9 | 2 5 | 0.7 | 1.1 | 0 4 | 0 9 | 0.4 |
| " de diffusion " | 948 | 0 8 | 3.3 | 0 3 | 0 1 | 1 1 | 0 2 | 0.2 | 0 1 | 0 7 | 0.1 |
| Mélasse de betterave | 172 | 12 8 | 82 6 | 58 7 | 10.1 | 4 1 | 0.3 | 0 5 | 1 6 | 0 3 | 8.2 |
| Vinasses de mélasses | 920 | 3 2 | 12 1 | 9.5 | 1.3 | 0.1 | — | 0.1 | 0.2 | — | 0.5 |

| INDICATION DES MATIÈRES. | EAU. | AZOTE. | CENDRES. | POTASSE. | SOUDE. | CHAUX. | MAGNÉSIE. | ACIDE PHOSPHORIQUE. | ACIDE SULFURIQUE. | ACIDE SILICIQUE. | CHLORE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Déchets d'écanguage de lin. . . . | 100 | — | 6 1 | 0.8 | 0 3 | 3.5 | 0 2 | 0 4 | 0 4 | 0 3 | — |
| » » de chanvre . . | 100 | — | 6 5 | 0.7 | 0 1 | 4 2 | 0.3 | 0 3 | 0.1 | 0 7 | 0 1 |
| Tourteaux de colza . . . . . | 113 | 50.5 | 57 0 | 13 0 | 1.9 | 7 1 | 7 3 | 20.0 | 3 4 | 2 9 | 0.4 |
| » lin. . . . . | 122 | 47 2 | 51 3 | 12.5 | 0 8 | 4 3 | 8 1 | 16.2 | 1.7 | 6 4 | 0 4 |
| » pavot . . . . . | 115 | 51 0 | 77.4 | 2 3 | 2 3 | 27.1 | 6.2 | 31 7 | 1 9 | 5 6 | 0 5 |
| » noix (de noyer) . . . | 137 | 55.3 | 46 2 | 15.3 | — | 3 1 | 5 6 | 20.2 | 0 6 | 0 7 | 0 1 |
| » faine . . . . . | 160 | 29 1 | 40 4 | 6.1 | 4.3 | 12 4 | 3.3 | 9.1 | 0.6 | 3 9 | 0 4 |
| » d'olive . . . . . | 138 | 9 6 | 27.8 | 7.9 | 1.9 | 6 1 | 0.3 | 2.5 | 1 2 | 5 6 | 0 2 |
| » de grand soleil . . . | 103 | 59 7 | 49.7 | 11 7 | — | 5.4 | 8.1 | 21 3 | 1.0 | 0.3 | 0 3 |
| » de sésame . . . . | 111 | 58 6 | 93 8 | 14 5 | 3 5 | 25 1 | 12 8 | 32.7 | 1.7 | 0 9 | 0 6 |
| » de candlenuts . . . | 77 | 84 5 | 78 5 | 17.5 | 0 3 | 4 2 | 13.5 | 40.1 | 0.3 | 0.1 | 0.8 |
| » d'arachide . . . . | 104 | 75 6 | 39 7 | 15.0 | 0.9 | 1 6 | 5.2 | 13.1 | 0.9 | 1 2 | 0 9 |
| » de palme. . . . . | 100 | 25 9 | 26.1 | 5.0 | 0.2 | 3.1 | 4 5 | 11 0 | 0 5 | 0.8 | — |
| » de noix de coco. . . . | 127 | 37.4 | 53 3 | 19 6 | 1 5 | 5.5 | 3 0 | 13 0 | 1.8 | 1 8 | 6 2 |
| » de graine de coton décortiquée. . . . . | 112 | 62 1 | 66 4 | 15 8 | — | 2.9 | 10.1 | 30.5 | 0.8 | 5 5 | — |
| **XII. — Produits du bétail.** | | | | | | | | | | | |
| Lait de vache . . . . . | 875 | 5 4 | 7 2 | 1.7 | 0 4 | 1.7 | 0 2 | 2.0 | 0 1 | — | 1 0 |
| Lait écrêmé . . . . . | 911 | 4 6 | 7.9 | 2.1 | 0.5 | 1.7 | 0 2 | 2.2 | 0 3 | — | 0 9 |
| Colostrum. . . . . | 730 | 30 7 | 11.8 | 0.9 | 0 7 | 4.1 | 0 2 | 3 3 | — | — | 1.3 |
| Petit-lait . . . . . | 933 | 0 9 | 5.4 | 1 7 | 0.7 | 1.0 | — | 0 9 | 0 2 | — | 0 8 |
| Petit-lait de chèvre . . . . | 920 | 1.5 | 5.9 | 2.3 | 0.6 | 0.4 | 0 3 | 0 8 | 0.2 | — | 1 7 |
| Lait de brebis. . . . . | 816 | 11.2 | 7 3 | 1 6 | 0.3 | 0.2 | — | 2 6 | 0.1 | 0 2 | 0 6 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fromage ordinaire | 480 | 52.3 | 68 4 | 3 3 | 31 3 | 1 7 | — | 9 4 | — | — | 30 1 |
| „ de Gruyère | 358 | 43.5 | 72 9 | 1.8 | 24 1 | 13 0 | 0 6 | 14.9 | — | 0.1 | 24.5 |
| Sang de bœuf | 790 | 32.0 | 7.9 | 0.6 | 3 6 | 0.1 | — | 0 4 | 0.2 | 0.1 | 2 7 |
| Farine de viande d'Amérique | 115 | 116.5 | 15 9 | 0.9 | 0.5 | 3 6 | 0 6 | 6 9 | 0 2 | 0 1 | 0.3 |
| Extrait de viande | 232 | 75.5 | 160.4 | 70.4 | 20.5 | 1.0 | 5.0 | 47.9 | 3.5 | 1.5 | 16.0 |
| Œuf de poule sans la coque | 737 | 20.0 | 9.2 | 1.6 | 2.1 | 1.0 | 0.1 | 3.5 | — | — | 0 8 |
| Bœuf vivant | 597 | 26.6 | 46.6 | 1.7 | 1.4 | 20.8 | 0.6 | 18.6 | — | 0.1 | 2.8 |
| Veau „ | 662 | 25.0 | 38.0 | 2.4 | 0.6 | 16.3 | 0.5 | 13.8 | — | 0.1 | 3.0 |
| Mouton „ | 591 | 22.4 | 31 7 | 1.5 | 1.4 | 13.2 | 0.4 | 12.3 | — | 0.2 | 2.2 |
| Porc „ | 528 | 20.0 | 21.6 | 1.8 | 0.2 | 9.2 | 0.4 | 8.8 | — | — | 1·2 |
| Laine lavée | 120 | 94.4 | 9 8 | 1.9 | 0.3 | 2.4 | 0.6 | 1.8 | — | 2.5 | 0 8 |
| „ en suint. | 150 | 54.0 | 70.8 | 56.2 | 3.0 | 1.8 | 0.4 | 0.7 | 3.4 | 2.0 | 3.2 |
| Hannetons, frais | 704 | 30.1 | 13 4 | 5 0 | 0.8 | 0.4 | 1.1 | 5.6 | 0.2 | 0.2 | — |

## B. — Composition moyenne des engrais (1).

| DÉSIGNATION DES ENGRAIS. | EAU. | SUBSTANCE ORGANIQUE. | AZOTE. | ACIDE PHOSPHORIQUE. | POTASSE. | SOUDE. | CHAUX. | MAGNÉSIE. | ACIDE SULFURIQUE. | CHLORE ET FLUOR. | ACIDE SILICIQUE ET SABLE. | OXYDE DE FER ET ALUMINE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **I. — Déjections des animaux** *(dans 1000 parties).* | | | | | | | | | | | | |
| Fumier frais, litière comprise : | | | | | | | | | | | | |
| Bêtes à cornes | 775 | 203 | 3.4 | 1.6 | 4.0 | 1.4 | 3.1 | 1.1 | 0.6 | 1.0 | 8.5 | 0.5 |
| Cheval | 713 | 254 | 5.8 | 2.8 | 5.3 | 1.0 | 2.1 | 1.4 | 0.7 | 0.4 | 17.7 | 1.1 |
| Mouton | 646 | 318 | 8.3 | 2.3 | 6.7 | 2.2 | 3.3 | 1.8 | 1.5 | 1.7 | 14.7 | 2.4 |
| Porc | 724 | 250 | 4.5 | 1.9 | 6.0 | 2.0 | 0.8 | 0.9 | 0.8 | 1.7 | 10.8 | 0.7 |
| Fumier ordinaire de ferme, frais | 750 | 212 | 3.9 | 1.8 | 4.5 | 1.3 | 4.9 | 1.2 | 1.0 | 1.3 | 10.8 | — |
| » » » semi-décomposé | 750 | 192 | 5.0 | 2.6 | 6.3 | 1.9 | 7.0 | 1.8 | 1.6 | 1.9 | 16.8 | — |
| » » » très-décomposé | 790 | 145 | 5.8 | 3.0 | 5.0 | 1.3 | 8.8 | 1.8 | 1.3 | 1.6 | 17.0 | — |
| Jus de fumier | 982 | 7 | 1.5 | 0.1 | 4.9 | 1.0 | 0.3 | 0.4 | 0.7 | 1.2 | 0.2 | — |
| Excréments humains, frais | 772 | 198 | 10.0 | 10.9 | 2.5 | 1.6 | 6.2 | 3.6 | 0.8 | 0.4 | 1.9 | — |
| Urine humaine, fraîche | 963 | 24 | 6.0 | 1.7 | 2.0 | 4.6 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 5.0 | — | — |
| Mélange des deux précédents | 935 | 51 | 7.0 | 2.6 | 2.1 | 3.8 | 0.9 | 0.6 | 0.5 | 4.0 | 0.2 | — |
| Latrines, matière généralement liquide | 955 | 30 | 5.5 | 2.8 | 2.0 | 4.0 | 1.0 | 0.6 | 0.4 | 4.5 | 0.2 | — |
| Latrines dans les grandes villes | 974 | 15 | 4.5 | 1.9 | 2.0 | 2.5 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 3.4 | — | — |
| Fiente fraîche de pigeons | 519 | 308 | 17.6 | 17.8 | 10.0 | 0.7 | 16.0 | 5.0 | 3.3 | — | 20.2 | — |
| » de poule | 550 | 255 | 16.3 | 15.4 | 8.5 | 1.0 | 24.0 | 7.4 | 4.5 | — | 35.2 | — |
| » de canard | 566 | 262 | 10.0 | 14.0 | 6.2 | 0.5 | 17.0 | 3.5 | 3.5 | — | 28.0 | — |
| » d'oie | 771 | 134 | 5.5 | 5.4 | 9.5 | 1.3 | 8.4 | 2.0 | 1.4 | — | 14.0 | — |

| II. — Guanos naturels[2] *(dans 100 parties).* | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Guano du Pérou, brut . . . | 15.0 | 42.0 | 7.0 | 14.0 | 3.3 | 2.8 | 12.6 | 0.9 | 2.0 | — | 3.9 | 0.3 |
| „ des îles Guanape. . . | 21.6 | 36.3 | 9.3 | 13.4 | 3.7 | 2.8 | 11.3 | 0.8 | 3.1 | — | 6.3 | 0.5 |
| „ des Ballestas . . . . | 22.9 | 42.0 | 12.2 | 13.1 | 2.8 | 2.9 | 10.5 | 1.0 | 0.8 | — | 2.2 | 0.2 |
| „ de Pabillon de Pica . . | 6.2 | 48.8 | 9.2 | 13.5 | 8.4 | | 13.7 | — | — | — | 3.9 | — |
| „ de Punta de Lobos . . | 14.3 | 42.8 | 8.3 | 13.4 | 7.3 | | 12.8 | — | — | — | 2.1 | — |
| „ de Huanillos . . . . | 10.0 | 40.9 | 8.0 | 15.0 | 6.8 | | 14.6 | — | — | — | 3.8 | — |
| „ de la baie de Saldanha . | 12.2 | 35.5 | 9.0 | 9.2 | 1.3 | 1.0 | 7.6 | 1.1 | 0.3 | — | 29.8 | 1.0 |
| „ de Schabœ . . . . . | 16.0 | 29.5 | 8.0 | 11.3 | 0.8 | 1.7 | 21.0 | 0.7 | — | 2.0 | 4.5 | 1.5 |
| „ des Mejillones . . . | 7.3 | 6.9 | 0.9 | 32.9 | 1.5 | 0.5 | 36.7 | 3.1 | 4.5 | — | 2.2 | 0.5 |
| „ des îles Baker . . . | 11.0 | 7.0 | 0.5 | 34.8 | 0.1 | 1.5 | 40.0 | 1.5 | 1.2 | — | 0.6 | 0.1 |
| Croûte de revêtement du même. | 5.1 | 2.5 | — | 45.9 | — | — | 42.2 | 1.1 | — | — | — | — |
| Guano de Howland . . . . | 11.4 | 6.4 | — | 34.1 | 1.4 | | 41.9 | — | — | — | 4.6 | — |
| „ de Malden. . . . . | 5.1 | 6.9 | — | 35.6 | 0.2 | 1.3 | 46.5 | 1.5 | 0.7 | 0.9 | 0.1 | 0.7 |
| „ des Phénix . . . . | 1.7 | 5.5 | 0.6 | 38.7 | — | — | 46.6 | 3.9 | 1.6 | — | 0.4 | — |
| „ des Starbuk, poussière . | 5.1 | 11.7 | 0.8 | 37.8 | — | — | 41.6 | 0.4 | 1.0 | — | 0.3 | — |
| „ Croûte du même. . . | 5.5 | 6.1 | 0.4 | 41.3 | — | — | 42.8 | 0.7 | 2.5 | 0.5 | 0.2 | — |
| „ d'Enderberry. . . . | 5.3 | 3.3 | 0.4 | 41.2 | — | — | 44.1 | 2.0 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | — |
| „ de Curaçao . . . . | 1.5 | 0.5 | — | 40.0 | 0.5 | | 50.8 | 1.3 | 1.4 | — | 0.9 | 0.4 |

(1) La composition des déjections solides et liquides de l'homme et des animaux est très variable et dans la dépendance de la nourriture et des boissons absorbées; les chiffres compris dans les présentes tables ne peuvent servir que pour la caractériser d'une manière générale et qu'à titre d'indications préliminaires. Les liquides des latrines sont ordinairement, dans les villes, dans un grand état de dilution; la teneur portée ici est une composition moyenne déduite des observations faites pendant plusieurs années à Stuttgart. Ce qui manque dans la table aux articles « excréments d'oiseaux » pour former le chiffre 1000 représente la proportion de sable et de matières terreuses de ces engrais.

(2) Indépendamment des éléments constituants indiqués, les engrais compris dans les subdivisions II et III renferment souvent de l'acide carbonique; ce corps est en très petite proportion dans les guanos très azotés, elle dépasse rarement 1 à 2 p. c. dans les guanos pauvres en azote, tandis qu'elle atteint 3 et parfois 5 p. c. dans les phosphates, dans les phosphorites et dans les coprolites. Le guano « brut » dont nous donnons la composition est celui qui est présenté dans le commerce à l'état pulvérulent, sans cailloux ni matières étrangères et dont le titre est « garanti ».

| DÉSIGNATION DES ENGRAIS. | EAU. | SUBSTANCE ORGANIQUE. | AZOTE. | ACIDE PHOSPHORIQUE. | POTASSE. | SOUDE. | CHAUX. | MAGNÉSIE. | ACIDE SULFURIQUE. | CHLORE ET FLUOR. | ACIDE SILICIQUE ET SABLE. | OXYDE DE FER ET ALUMINE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. |
| Guano de Raza | 3.3 | 11.2 | 0.8 | 36.5 | 2.4 | | 36.2 | 1.8 | — | — | 4.2 | 1.3 |
| » des Aves | 7.8 | 7.7 | 0.2 | 33.8 | 0.1 | 1.4 | 40.1 | 2.4 | 2.0 | 1.1 | 0.5 | 0.4 |
| » de Sidney | 7.4 | 7.3 | 0.3 | 34.4 | — | 0.8 | 42.9 | 2.0 | 1.6 | 1.3 | — | — |
| **III. — Phosphates et phosphorites.** | | | | | | | | | | | | |
| Prosphate de Sombrero | 7.4 | — | — | 35.8 | — | — | 38 9 | 0 6 | 0.5 | 0 4 | 1 0 | 9 2 |
| » de Navassa | 12.0 | — | — | 30.3 | 0.3 | 0 4 | 36.8 | 0.8 | 0.2 | 0.1 | 3 9 | 13.6 |
| » de Charleston | 3.8 | — | — | 25 7 | — | — | 39.4 | 0 7 | 1.8 | 2.7 | 17.1 | 8.1 |
| » des Carolines | 1 2 | — | — | 27 6 | — | — | 42.9 | 0.6 | 0.6 | 3.4 | 7.8 | 4 6 |
| Terre alumineuse phosphatée de Kladno | 26.0 | — | — | 31.5 | — | — | 2.5 | — | 6.9 | — | 6 0 | 27.2 |
| Terre alumineuse des Indes occidentales | 22.6 | — | — | 36 0 | — | — | 1.6 | — | — | — | 11.9 | 28.2 |
| Phosphate de Bordeaux | 5 6 | — | — | 32.6 | — | — | 42.4 | 0.1 | 0 6 | 0 9 | 5 6 | 8.4 |
| Apatite du Canada (Laurenzia) | 0.2 | — | — | 37 0 | — | — | 51.5 | 0 5 | 1 8 | 3 1 | 4 7 | 1 1 |
| » d'Estramaduro | 0.6 | — | — | 37 6 | 0 7 | 0 3 | 48 1 | 0.1 | 0.2 | 1.5 | 9 0 | — |
| Phosphorite d'Espagne | 3.6 | — | — | 33.4 | — | — | 47 2 | 0 5 | 0 6 | 3 0 | 3 7 | 3 5 |
| » de la Lahn, très riche | 0.6 | — | — | 38 3 | 0 8 | 0.4 | 53 2 | 0 2 | — | 2.3 | 1 7 | 2.1 |
| » » riche | 2.5 | — | — | 32 3 | 0 8 | 0 4 | 43 2 | 0.1 | — | 1 4 | 6 5 | 13.5 |
| » » moyenne | 2 5 | — | — | 24 1 | 0 7 | 0 4 | 40.1 | 0 2 | — | 1.5 | 10 0 | 15 5 |
| Coprolithes de France | 3 6 | — | — | 20 6 | — | — | 32 3 | 0 6 | — | 4.5 | 15.7 | 8.1 |
| » d'Angleterre | 3.7 | — | — | 26.8 | — | — | 43.0 | — | — | — | 26 5 | |
| » de Russie | 3.6 | — | — | 22 1 | — | — | 33 8 | — | — | — | 40.2 | |
| » dans le grès vert | 4.3 | — | — | 26 4 | 1 0 | 0 5 | 15 1 | 1 0 | 0 8 | 0 1 | 7 5 | — |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| De guano du Pérou . . . . | 16 0 | 30 0 | 7.0 | 10.5 | 4.0 | 1.2 | 7.0 | 0 5 | 15.0 | 3 2 | 10.5 | 1.4 |
| „ des Mejillones . . | 14 0 | 7.0 | 0 6 | 21.5 | 1.4 | 0.4 | 24 0 | 0.5 | 28.5 | — | 2.3 | — |
| „ des îles Baker. . | 15 0 | 6 2 | 0 3 | 21 8 | 0.1 | 1 2 | 25 9 | 1.5 | 28 5 | 0.2 | 0.9 | — |
| De phosphate de Sombrero . . | 15 0 | — | — | 20.2 | — | 0.5 | 28.4 | 0 4 | 26 5 | 0 4 | 0.6 | — |
| De charbon d'os . . . . . | 15.0 | 7.0 | 0 5 | 16.0 | — | 0 1 | 25.0 | 0.7 | 22 0 | — | 9.3 | — |
| De farine d'os . . . . . | 13 0 | 23.8 | 2 6 | 17.6 | 0.1 | 0 2 | 24 4 | 0 7 | 17.5 | 0.2 | 2.5 | — |
| Des phosphates de la Lahn, riches . . . . . | 15 0 | — | — | 19.4 | 0.5 | 0 2 | 28 5 | 0 1 | 22 5 | 1.8 | 3.2 | 7.5 |
| Des phosphates de la Lahn, moyens . . . . . | 12 0 | — | — | 15 0 | 0.3 | 0 1 | 26 2 | 0 1 | 16 0 | 1 3 | 8 5 | 11.5 |
| **V. — Engrais et déchets industriels divers**(2). | | | | | | | | | | | | |
| Guano de poisson de Norwège | 9 8 | 56 2 | 8 5 | 13 8 | 0 3 | 0 6 | 16.0 | 0 9 | 0 5 | 1 1 | 0 5 | — |
| „ de baleine. . . | 5 6 | 62 4 | 7.6 | 13.5 | — | 0.4 | 16 5 | 0.2 | — | — | 0.7 | 0 5 |
| „ de poisson polaire . . | 6.4 | 55.9 | 8.3 | 13.9 | — | 0.8 | 16 6 | 0.5 | — | 0 8 | 2.4 | — |
| Poudrette . . . . . | 11 5 | 37 4 | 1 8 | 2 8 | 1 1 | 0.3 | 7.2 | 0.5 | 1.7 | — | 24.9 | 4.0 |
| „ de Liernur. . . | 16 9 | 53 3 | 7 5 | 2.7 | 3 1 | 5.9 | 1 3 | 0.8 | 9.9 | — | 3.2 | 0 6 |
| Poudre fécale de Berlin . . . | — | — | 4 7 | 4.0 | 2.5 | — | — | — | — | — | — | — |
| „ d'animaux abattus . | 5.7 | 56 9 | 6 5 | 13 9 | 0 3 | 0 8 | 18.2 | 0 4 | 1 0 | 0.2 | 1.7 | — |
| „ de tendons et cartilages | 27 8 | 56 6 | 9 7 | 6 3 | — | — | 7 0 | 0.3 | 0.1 | — | 1 1 | — |
| Corne moulue et râclures . . | 8 5 | 68.5 | 10 2 | 5 5 | — | — | 6.6 | 0.3 | 0.9 | — | 11.0 | — |
| Sang desséché en poudre . . | 13.4 | 78.4 | 11.8 | 1 2 | 0 7 | 0.5 | 0 8 | 0 2 | 0 6 | 0 4 | 2 1 | — |
| Hannetons, frais . . . . . | 70.6 | 24 6 | 3 5 | 0.6 | 0.5 | 0 1 | 0 1 | 0.1 | — | — | 0.1 | — |
| Farine d'os . . . . . | 6.0 | 30.3 | 3.8 | 23 2 | 0.2 | 0 3 | 31.3 | 1.0 | 0.1 | 0.3 | 3 5 | — |
| „ „ de Fray-Bentos . | 4.7 | 32 7 | 3.8 | 25 1 | — | — | 31.6 | — | — | — | 0.9 | — |
| Guano de Fray-Bentos . . . | 8.0 | 49.1 | 5.8 | 17.4 | 0.3 | — | 22.3 | — | 0.2 | — | 2.2 | — |

(1) La table ne comprend que quelques superphosphates se présentant fréquemment dans le commerce. Il a été admis une proportion de 1,5 p. c. d'acide sulfurique anhydre pour 1 p. c. d'acide phosphorique soluble dans l'eau. Il en résulte qu'en divisant la quantité d'acide sulfurique par 1.5, on obtient la teneur en acide phosphorique soluble dans l'eau ordinairement garantie. Le reste est de l'acide phosphorique insoluble.

(2) Voir le tableau inséré ci-après, p. 313.

| DÉSIGNATION DES ENGRAIS. | EAU. | SUBSTANCE ORGANIQUE. | AZOTE. | ACIDE PHOSPHORIQUE. | POTASSE. | SOUDE. | CHAUX. | MAGNÉSIE. | ACIDE SULFURIQUE. | CHLORE ET FLUOR. | ACIDE SILICIQUE ET SABLE. | OXYDE DE FER ET ALUMINE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Charbon d'os | 8 0 | 8.0 | 0.7 | 29.0 | 0.1 | 0.2 | 40.0 | 1.1 | 0.4 | — | 10.0 | — |
| Cendre d'os | 6 0 | 3.0 | — | 35.4 | 0.3 | 0.6 | 46.0 | 1.2 | 0.4 | — | 6.5 | — |
| Poussière de laine et déchets | 10.0 | 56.0 | 5.2 | 1.3 | 0.3 | 0.1 | 1.4 | 0.3 | 0.5 | 0.2 | 29.0 | — |
| Phosphate de chaux des colleries | 27.7 | 12.6 | 1.5 | 19.5 | 0.1 | 0.2 | 29.3 | 1.0 | 1.2 | 7.1 | 5.3 | — |
| Scories Thomas (phosphate basique) | — | — | — | 17.3 | — | — | 48.5 | 4.9 | 0 7 | — | 10.4 | 17.1 |
| Tourteaux de collerie, secs. | 5.9 | 45 0 | 2.9 | 2.5 | 0.3 | 0.1 | 22.3 | 1 4 | 1.3 | — | 10.1 | — |
| Déchets de tannerie | 63.3 | 17.9 | 1.4 | 1.3 | — | — | 13.2 | 0.3 | — | — | 4.8 | — |
| Boues de défécation des sucreries | 43.3 | 15.3 | 0 4 | 1.2 | 0.2 | 0.1 | 21.6 | 0.3 | 0.3 | — | 3.8 | — |
| Lessive d'élution | 87.1 | 8.5 | 0.5 | — | 2.3 | 0.3 | 0.5 | — | — | 0.4 | — | — |
| Suie de charbon de terre | 5 0 | 66.9 | 2.4 | 0 4 | 0 1 | — | 4 0 | 1 5 | 1.7 | — | 21.7 | — |
| » de bois | 5.0 | 71 8 | 1.3 | 0.4 | 2 4 | 0.5 | 10.0 | 1.5 | 0.3 | — | 4.0 | — |
| Varechs, séchés à l'air | 15.0 | 72.8 | 1.4 | 0.4 | 1.6 | 2.8 | 1 7 | 1.0 | 2.6 | 0 5 | 0.3 | — |
| **VI. — Cendres et sels**[1]. | | | | | | | | | | | | |
| Nitrate de soude | 2.6 | — | 15.5 | — | — | 35.0 | 0.2 | — | 0.7 | 1.7 | 1.5 | — |
| » de potasse et de soude | 0 9 | — | 14.9 | — | 16.1 | 22.2 | 0 1 | — | 0 3 | 1 5 | — | — |
| Sulfate d'ammoniaque | 4 0 | — | 20.0 | — | — | — | 0.5 | — | 58.0 | 1.4 | 3.0 | — |
| Plâtre | 20.0 | — | — | — | — | — | 31.0 | 0.1 | 44 0 | — | 4.0 | — |
| » des fabriques de soude | 9 0 | 4.0 | — | 0.1 | — | 2.2 | 34 5 | — | 41.3 | — | 4.0 | — |
| Marc de soude | — | — | — | — | 6.0 | 36.1 | 6.9 | 0 3 | 9 5 | 45.8 | — | — |
| Plâtre phosphaté | 18 6 | — | — | 5.7 | — | — | 18.4 | 0.3 | 25 4 | 2.5 | 20.2 | 7 5 |
| Sel gemme | 5.0 | — | — | — | — | 47.3 | 1.2 | 0 2 | 1.4 | 54 6 | 2.0 | — |
| Chaux des gazomètres | 7 0 | 1.3 | 0.4 | — | 0.2 | — | 64.5 | 1.5 | 12 5 | — | 3.0 | — |
| Cendre de bois feuillus | 5.0 | 5.0 | — | 3.5 | 10.0 | 2.5 | 30.0 | 5.0 | 1.6 | 0.3 | 18.0 | — |
| résineux | 5 0 | 5 0 | — | 2 5 | 6.0 | 2.0 | 35.0 | 6.0 | 1.6 | 0.3 | 18.0 | — |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cendre de bois lessivée | 20.0 | 5.0 | — | 2.0 | 1.5 | 0.5 | 28.5 | 2.5 | 0.5 | 30.0 | | |
| „ de mélasse (salins) | 6.5 | 9.2 | — | 1.0 | 32.1 | 11.5 | 3.5 | 0.8 | 7.2 | 11.1 | 4.1 | 5.0 |
| „ „ lessivée | 32.9 | 11.3 | — | 1 6 | 1.8 | 1.4 | 10.2 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 19.1 | 11.6 |
| Cendre de tourbe (abondante en calcaire) | 5.0 | — | — | 1.2 | 0.5 | 0.4 | 45.7 | 0.5 | 4.4 | 0.6 | 13.1 | 7.8 |
| Cendre de tourbe (calcaro-ferrugineuse) | 5.0 | — | — | 1.4 | 0.8 | 0.2 | 33.3 | 0.4 | 5.2 | — | 16.7 | 22.3 |
| Cendre de tourbe (argilo-gypseuse) | — | — | — | 1.8 | 1.8 | 0 3 | 14.7 | 0.8 | 16 8 | — | 56.3 | 5.7 |
| Cendre de charbon d'anthracite | — | — | — | 0.6 | 0.7 | 0.4 | 16.0 | 1.9 | 10.4 | — | 57.6 | 9.5 |
| „ „ de terre | — | — | — | 0.8 | 0.5 | — | 8.5 | 1 6 | 6.1 | — | 62.0 | 19.8 |
| Sels de Stassfurt : | | | | | | | | | | | | |
| Polyhalite | 7.2 | — | — | — | 14 9 | — | 18.2 | 6 8 | 52.1 | 0.3 | — | — |
| Karnallite | 39.2 | — | — | — | 15.1 | 0.5 | 0.7 | 14.7 | 1 4 | 36.5 | 0.3 | — |
| Kaïnite | 20 8 | — | — | — | 16.9 | — | — | 18.5 | 34.6 | 12 9 | — | — |
| Grugite | 12 2 | — | — | — | 11.2 | 5.1 | 14 0 | 4 1 | 36.0 | 7.7 | 8.6 | 0.9 |
| Kieserite | 16.4 | — | — | — | 0.6 | — | — | 27 8 | 53.0 | 2.4 | — | — |
| Tachydrite | 42 5 | — | — | — | — | — | 10 1 | 16 7 | — | 40 9 | — | — |
| Kaïnite préparée | 12.8 | — | — | — | 13.8 | 17 1 | 1 1 | 10 1 | 22 2 | 28 8 | 1 0 | — |
| Engrais de potasse concentré | 3 1 | — | — | — | 27 0 | 17.1 | 0.3 | 4 6 | 19 2 | 31.4 | 4.2 | — |
| Sel potassique très concentré | 13 4 | — | — | — | 29 6 | 14 6 | 0.5 | 3 9 | 4.1 | 42 3 | 1 3 | — |
| „ „ le plus concentré | 4 6 | — | — | — | 47.5 | 8 6 | 0.2 | 0 9 | 0 6 | 47.2 | 0 4 | — |
| Minéral de potasse et de magnésie brut | 8 5 | — | — | — | 16.9 | 18 3 | 1 3 | 8 6 | 19.8 | 30.8 | 1 9 | — |
| Le même purifié | 4.5 | — | — | — | 28.9 | 1.9 | 0 2 | 12 1 | 48 9 | 2.2 | 1.7 | — |

(1) Le manquant pour former le chiffre 100 est presque exclusivement de l'acide carbonique; on a parfois aussi négligé la teneur en oxyde de fer, en oxyde de manganèse et en alumine. Les analyses des produits de Stassfurt se rapportent, les unes aux sels naturels, les autres aux sels préparés le plus fréquemment employés comme engrais.

## VII. — Mélanges des sels de Stassfurt(1).

| | POTASSE GARANTIE. | SULFATE DE POTASSE. | CHLORURE DE POTASSIUM. | SULFATE DE MAGNÉSIE. | CHLORURE DE SODIUM. | PRIX A STASSFURT DE 100 KIL. DE SEL. | PRIX A STASSFURT DE 1 KIL. DE POTASSE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. | fr. c. | fr. c. |
| 1. Sulfate de potasse, brut | 9 à 12 | 8 à 12 | 6 à 11 | 15 à 20 | 35 à 55 | 3.12 | 0 35 |
| 2. Mélange de potasse et de magnésie, brut | 15 à 18 | 28 à 33 | — | 21 à 25 | 25 à 40 | 5 50 | 0.37 |
| 3. Kaïnite brute dite « Adler-Kaïnite » | 12 à 13 | 22 à 24 | — | 16 à 18 | 30 à 40 | 2 50 | 0 21 |
| 4. Grugite | 10 à 12 | 18 à 21 | — | 10 à 12 | 10 à 12 | 1.75 | 0.17 |
| 5. Engrais potassique concentré | 25 | 22 | 22 | 10 à 20 | 20 à 35 | 11 88 | 0 47 |
| 6. » » trois fois concentré | 30 à 33 | — | 50 à 55 | 5 à 10 | 25 à 40 | 13.12 | 0.43 |
| 7. » » cinq fois concentré | 50 à 53 | — | 80 à 85 | — | 10 à 20 | 18 76 | 0 38 |
| 8. Sulfate de potasse, n° I | 50 à 52 | 90 à 95 | — | — | 1 à 4 | 27.50 | 0.55 |
| 9. » » n° II | 38 | 70 | — | 5 à 10 | 2 à 8 | 21.26 | 0 56 |
| 10. Mélange de potasse et de magnésie purifié | 26 à 28 | 50 à 52 | — | 32 à 36 | 2 à 6 | 13 12 | 0 50 |
| 11. Sulfate de magnésie, brut | 0 à 3 | 0 à 5 | — | env. 60 | — | 2.50 | — |
| 12. Le même, purifié et calciné | — | — | — | env. 80 | — | 4 38 | — |
| 13. Déchets des usines | 3 à 5 | 6 à 9 | — | 35 à 45 | 35 à 40 | 1 50 | — |

(1) Les corps portant les nos 1 à 6 de cette subdivision renferment ordinairement quelques centièmes de chlorure de magnésium et de magnésie caustique, la kaïnite brute environ 12 p. c. de chlorure de magnésium, les nos 8 et 10 une faible proportion de sulfate de soude, les nos 4, 11 et 13 des quantités variables de ce corps et le n° 4 jusqu'à 40 p. c. de sulfate de chaux.

## C. — Répartition des éléments nutritifs principaux des plantes entre les produits et les résidus dans les industries agricoles.

| INDICATION DES MATIÈRES. | SUBSTANCE SÈCHE. | AZOTE. | CENDRE. | POTASSE. | CHAUX. | MAGNÉSIE. | ACIDE PHOSPHORIQUE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. |
| **1. — Brasserie.** | | | | | | | |
| 1000 kil. orge renferment. . . . . | 855 | 15 2 | 22.23 | 4 48 | 0.58 | 1.92 | 7.710 |
| 15 „ houblon renferment . . . . . | 13 2 | — | 1.00 | 0.345 | 0.167 | 0.056 | 0 168 |
| Répartition des éléments constituants : | | | | | | | |
| Eau de trempage et orge d'écumage. . . . . | — | 0 29 | 1 23 | 0.852 | 0 039 | 0.045 | 0 234 |
| Germes d'orge . . . . . | 33 | 1.29 | 2 43 | 0.749 | 0.069 | 0 066 | 0.653 |
| Drèche . . . . . | 260 | 9.93 | 13 08 | 0 580 | 1.474 | 1.134 | 4 631 |
| Houblon épuisé . . . . . | 9 | — | 0.54 | 0 023 | 0.160 | 0.055 | 0 062 |
| Levure . . . . . | 30 | 1.56 | 2 27 | 0 643 | 0.097 | 0 185 | 1 349 |
| Bière . . . . . | — | 2 15 | 3 65 | 1.998 | — | 0 484 | 0 939 |
| **2. — Distillerie.** | | | | | | | |
| *A.* 1000 kil. pommes de terre renferment . . . . . | 250 | 3 2 | 9 43 | 5.69 | 0.24 | 0 44 | 1 63 |
| 40 „ malt torréfié . . . . . | 37 | 0.56 | 1 06 | 0 184 | 0.04 | 0 088 | 0.388 |
| 20 „ levure de malt . . . . . | 18 5 | 0 28 | 0 53 | 0.092 | 0 02 | 0 044 | 0.194 |
| Il reste dans les vinasses . . . . . | 125 | 4.04 | 11 02 | 5.966 | 0 30 | 0.572 | 2 212 |
| *B.* Distillation du grain. | | | | | | | |
| 800 kil. seigle contiennent . . . . . | 684 | 14 08 | 14 32 | 4 501 | 0.376 | 1 648 | 6 710 |
| 200 „ malt torréfié . . . . . | 184 | 2.82 | 5.12 | 0 883 | 0.195 | 0 429 | 1.526 |
| 50 „ levure . . . . . | 46 | 0.71 | 1.28 | 0.221 | 0 049 | 0.107 | 0 382 |
| Il reste dans les vinasses . . . . . | 443 | 17 61 | 20.72 | 5.605 | 0.620 | 2.184 | 8 618 |

| DÉSIGNATION DES MATIÈRES. | SUBSTANCE SÈCHE. | AZOTE. | CENDRE. | POTASSE. | CHAUX. | MAGNÉSIE. | ACIDE PHOSPHORIQUE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. |
| **3. — Fabrique de levure.** | | | | | | | |
| 700 kil. seigle concassé renferment | 599 | 12 32 | 12 53 | 3 941 | 0 329 | 1 444 | 5 876 |
| 300 » malt d'orge | 276 | 4 23 | 7 67 | 1.325 | 0.293 | 0 643 | 2 801 |
| Répartition des éléments : | | | | | | | |
| Levure | 45 | 4.60 | 3 41 | 1.273 | 0 192 | 0.367 | 2 672 |
| Drêche et vinasses | 325 | 11 95 | 16 79 | 3 993 | 0 430 | 1.720 | 6 005 |
| **4. — Féculerie.** | | | | | | | |
| 1000 kil. pommes de terre renferment | 250 | 3.20 | 9 43 | 5 69 | 0 24 | 0.44 | 1 63 |
| Il reste dans la fibre | 75 | 0.60 | 0 54 | 0 086 | 0.266 | 0.042 | 0 133 |
| » dans l'eau | 45 | 2 60 | 8 89 | 5 604 | — | 0.398 | 1.497 |
| **5. — Meunerie.** | | | | | | | |
| 1000 kil. froment renferment. | 857 | 20 80 | 16.88 | 5.26 | 0.57 | 2.02 | 7 94 |
| Répartition des éléments : | | | | | | | |
| Farine fine (77.5 p. c.) | 664 | 14 65 | 5.50 | 1 980 | 0.154 | 0.458 | 2 862 |
| » grossière (6.5 p. c.) | 58 | 1.64 | 1 80 | 0 648 | 0.050 | 0.148 | 0 936 |
| Son (16 p. c.). | 135 | 4 51 | 9 60 | 1 672 | 0 396 | 1.394 | 4 102 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **6. — Fromagerie.** | | | | | | | |
| 1000 kil. de lait contiennent | 125 | 4.80 | 6 10 | 1.505 | 1.333 | 0.186 | 1.735 |
| Répartition des éléments : | | | | | | | |
| Fromage gras | 65 | 4 53 | 2 84 | 0.247 | 0 687 | 0.028 | 1.151 |
| Petit-lait | 60 | 0.27 | 3 26 | 1.258 | 0.646 | 0 158 | 0 584 |
| **7. — Sucrerie.** | | | | | | | |
| 1000 kil. betteraves renferment | 184 | 1.60 | 7 10 | 3 914 | 0 379 | 0 536 | 0 780 |
| Répartition des éléments : | | | | | | | |
| Collets et racines (12 p. c. des racines) | 19 | 0 24 | 1 15 | 0 336 | 0 108 | 0.132 | 0 144 |
| Pulpes (15 p. c. du poids » ) | 46 | 0 44 | 1 71 | 0 585 | 0 390 | 0 105 | 0 165 |
| Boues de défécation (4 p. c. » ) | 24 | 0 60 | 1 20 | 0 380 | 8 640 | 0 240 | 0.384 |
| Mélasse (3 p c. » ) | 25 | 0.32 | 2 47 | 1 741 | 0 141 | 0 009 | 0 015 |
| Sucre et pertes | 85 | — | 0 57 | 0 872 | — | 0 040 | 0 072 |
| **8. — Préparation du lin.** | | | | | | | |
| 1000 kil. tiges de lin renferment | 860 | — | 30 36 | 9 426 | 6.751 | 1 995 | 3 990 |
| Répartition des éléments : | | | | | | | |
| Eau de rouissage | 215 | — | 25.15 | 9 175 | 4 100 | 1 850 | 3 400 |
| Chenevotte | 460 | — | 4.03 | 0 171 | 2 052 | 0 096 | 0 474 |
| Filasse | 155 | — | 1 22 | 0 054 | 0 648 | 0 054 | 0 126 |

# TABLE DES CHAPITRES.

Pages

**Introduction.** Circulation générale de la matière dans la nature . . . . . 1

CHAPITRE Ier.

L'AIR ATMOSPHÉRIQUE Démonstration de son rôle . . . . . 7
Sa composition. Rôle des éléments principaux de l'air . . . . 13
Ammoniaque et acide nitrique. . . . . 18
Nitrification . . . . . 21

CHAPITRE II.

L'EAU. Son rôle dans la vie de la plante. . . . . 27
Origine et composition de l'eau . . . . . 39
Élevage des plantes dans les solutions d'éléments nutritifs . . . 45
» » » du sable calciné . . . . . 50
**Éléments nutritifs indispensables à toutes les plantes. Leur présence dans les terres** . . . . . »
Composition de la cendre des plantes. . . . . 56

CHAPITRE III.

LE SOL. Sa désagrégation . . . . . 59
La fécondité naturelle du sol . . . . . 64
**Propriétés absorbantes des terres pour les substances nutritives** . . . . . 65
Richesse des terres en humus. Rôle complexe de l'humus . . . 73
**Caractères physiques des terres** . . . . . 81
Des services à attendre de l'analyse chimique du sol . . . . 87
Appréciation de la richesse alimentaire des terres par l'analyse des racines . . . . . 93

ÉTUDE PRATIQUE DES ENGRAIS.

**Considérations générales** . . . . . 96

## CHAPITRE IV.

Pages.

LE FUMIER D'ÉTABLE. Son traitement rationnel . . . . . 99
**Détermination de la quantité de fumier produite** . . 100
**Éléments des aliments passant dans les déjections.** . 105
**Influence de la composition des aliments sur la qualité des fumiers.** . . . . . 108
» **de l'espèce domestique sur le fumier produit.** 114
» **du mode d'emploi et de traitement du fumier sur la valeur de l'engrais d'étable** . . . 119
**Perte en poids et en volume dans les fumiers en préparation** . . . . . 122
**Agents de conservation des éléments des fumiers** . . 124
**Litières diverses en usage. Leur action sur la valeur du fumier** . . . . . 127
**Epandage des fumiers de ferme. Fumure en couverture** . . . . . 133

## CHAPITRE V.

L'EXPLOITATION AU FUMIER DE FERME. SON INFLUENCE SUR L'ÉPUISEMENT DU SOL . . . . . 136
Rôle des prairies . . . . . 143
» des composts . . . . . 148
Achat de denrées alimentaires . . . . . 149

## CHAPITRE VI.

LA FUMURE DES TERRES AVEC LE SECOURS DES RÉSIDUS ET DES DÉCHETS INDUSTRIELS . . . . . 154
Cendres diverses . . . . . 156
Poussière de chaux . . . . . 158
Déchets azotés de diverses industries . . . . . »
Tourteaux de graines oléagineuses . . . . . 164
Drêche et germes d'orge . . . . . 165
Résidus des distilleries. . . . . »
» des féculeries . . . . . 166
Sons . . . . . »
Pulpes de sucrerie . . . . . 167

## CHAPITRE VII.

L'ENGRAIS HUMAIN, SON TRAITEMENT ET SON EMPLOI EN AGRICULTURE . . . . . 168
Procédés de désinfection . . . . . 171

Pages.
Le système du « tout à l'égout ». . . . . 174
Emploi des eaux d'égout à l'irrigation. . . . . 177
Préparation des composts; système en usage dans quelques villes hollandaises . . . . . 181
Le système Liernur, son amélioration . . . . . 182

## CHAPITRE VIII.

LES ENGRAIS CONCENTRÉS ET LEUR IMPORTANCE POUR L'ENTRETIEN ET L'ÉLÉVATION DE LA FERTILITÉ DU SOL . . . . . 188
Des engrais *dits* complets et pour cultures spéciales. . . . . 193
Précautions à prendre lorsqu'on achète des engrais concentrés . »
**Examen de l'état de solubilité des principaux éléments existant dans les engrais concentrés les plus répandus** . . . . . 194
Nitrate de soude, sels ammoniacaux, farine d'os . . . . . 195
Engrais azotés divers, superphosphates. . . . . 196
Guanos . . . . . 197
Sels de potasse . . . . . 198
Champs d'essais des engrais . . . . . 199

## CHAPITRE IX.

VUES PRATIQUES SUR LE TRAITEMENT ET L'EMPLOI RATIONNEL DES PRINCIPAUX ENGRAIS CONCENTRÉS . . . . . 222
Considérations relatives aux engrais . . . . . 223
» » au champ où on les emploie . . . . 225
**Mode d'emploi des principaux engrais artificiels** . . 226
Farine d'os . . . . . »
Superphosphates . . . . . 229
» ammoniacaux. Rhodanammonium . . . . 233
» potassiques . . . . . 235
» de phosphorites . . . . . 236
Phosphorites brutes . . . . . 238
Phosphate de Kladno . . . . . 239
Scories phosphatées . . . . . 241
Précipité Thomas . . . . . 243
Guano du Pérou. . . . . »
» dissous, superphosphate de guano . . . . . 247
Guanos phosphatés. . . . . 248
Substances diverses d'origine animale . . . . . 249
Nitrate de soude (salpêtre du Chili). . . . . 251
Sulfate d'ammoniaque. . . . . 258

Pages.
Sels de potasse . . . . . 259
Sel marin . . . . . 264
Emploi de la chaux . . . . . 267
» de la marne . . . . . 271
» du plâtre . . . . . »

CHAPITRE X.

Conclusion . . . . . 274

SUPPLÉMENT. TABLES POUR LE CALCUL DE L'ÉPUISEMENT ET DE L'ENRICHISSEMENT DU SOL.

**Composition moyenne des produits agricoles et des déchets industriels.**

Foins . . . . . 294
Fourrages verts . . . . . 296
Racines et tubercules . . . . . 297
Feuilles et tiges des plantes-racines . . . . . »
Légumes . . . . . 298
Grains, graines et fruits . . . . . 299
Pailles . . . . . 300
Balles et siliques . . . . . 301
Plantes industrielles . . . . . »
Litières diverses autres que les pailles . . . . . 302
Produits et déchets d'industries . . . . . 303
» du bétail . . . . . 304

**Composition moyenne des engrais.**

Engrais humain, fumiers des animaux domestiques, etc. . . . 306
Guanos naturels . . . . . 307
Phosphates et phosphorites . . . . . 308
Superphosphates . . . . . 309
Engrais et déchets industriels divers . . . . . »
Cendres et sels divers . . . . . 310
Mélanges des sels de Stassfurt . . . . . 312

**Répartition des éléments nutritifs principaux des plantes entre les produits et les déchets de fabrication dans les industries agricoles.**

Brasserie, distillerie . . . . . 313
Fabrication de la levure, féculerie, meunerie . . . . . 314
Fromagerie, sucrerie, travail du lin . . . . . 315

# TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.


Pages.

Achat de denrées alimentaires . . . . . 149, 163
„ des engrais artificiels ou chimiques. . . . . 193
Acide carbonique . . . . . 9, 17, 33, 35, 77
„ nitrique . . . . . 20, 23
„ phénique (désinfectant de l'engrais humain) . . . . . 171
„ phosphorique . . . . . 51, 52, 141, 152, 192, 196
„ „ rétrogradé . . . . . 237
„ sulfurique . . . . . 51, 53
Action spéciale de certains engrais artificiels . . . . . 212
Adler-Kaïnite . . . . . 125, 199, 267, 312
Agents qui favorisent la mise en liberté des éléments nutritifs. . 70
Air atmosphérique . . . . . 7, 23, 57
Amélioration des fumiers par l'achat de denrées alimentaires . 149, 163
Ammoniaque . . . . . 18, 22
Analyse mécanique du sol. . . . . 86
„ chimique du sol . . . . . 87
Aperçu sommaire des éléments nutritifs auxquels les engrais artificiels ou chimiques doivent leur action . . . . . 192
Aperçu de la situation générale des terres cultivées . . . . . 284
Azote . . . . . 16, 20, 23, 36, 71, 140, 192, 194, 251
Balles (composition) . . . . . 301
Bêtes à cornes (fumier des) . . . . . 115, 306
Brasserie . . . . . 313
But à poursuivre dans le traitement du fumier . . . . . 119
Calcul du fumier produit . . . . . 101
Caractères physiques des terres . . . . . 80
Carbone (voir acide carbonique) . . . . . 9, 17, 33, 35, 77
Cendres (composition moyenne des cendres des plantes). Valeur des tables . . . . . 56, 97, 294

Pages.
Cendres diverses (engrais) . . . . . 156, 310
Champs d'essais des engrais . . . . . 90, 191, 199, 275
Chaulage des terres . . . . . 267
Chaux. . . . . 40, 51, 56, 61, 84, 140, 267
Cheval (fumier de) . . . . . 116, 306
Chlore . . . . . 55
Chlorures . . . . . 42, 55, 263, 264, 312
Composts . . . . . 148, 160, 181
Conditions auxquelles doivent satisfaire les engrais artificiels ou chimiques . . . . . 223
Conservation du fumier (mode de) . . . . . 113
Consommation des engrais artificiels en Allemagne . . . . . 288
Contrôle du commerce des engrais artificiels en Belgique . . . 193
Corne moulue . . . . . 251, 309
Cuir moulu . . . . . 251
Déchets azotés d'industries diverses. . . . . 158, 309, 310
„ de colleries . . . . . 159, 310
„ de laine . . . . . 251, 310
„ d'industries (composition) . . . . . 303, 309
Degré de solubilité des éléments des engrais . . . . . 194
Déjections des animaux (composition) . . . . . 306
Demi-superphosphates. . . . . 231
Désagrégation du sol . . . . . 59, 283
Désinfection de l'engrais humain . . . . . 171
Détermination de la quantité de fumier produite d'après la matière sèche des aliments et de la litière. . . . . 101
Détermination d'après le coefficient de digestibilité des aliments. 101, 103
Distillerie. . . . . 165, 313
Drêche . . . . . 165, 303, 313
Dureté des eaux . . . . . 42
Eau (son rôle dans la végétation). . . . . 27
„ d'irrigation . . . . . 44
Eaux d'égout. . . . . 175
Écumes de défécation . . . . . 161, 310
Éléments nutritifs indispensables à toutes les plantes . . . 50, 53
„ des fourrages passant dans les déjections . . . . 100, 105
„ nutritifs minéraux exportés par la vente des produits . 138
Enfouissement des fumiers de ferme . . . . . 135
„ des engrais artificiels . . . . . 188, 211, 223
Engrais divers d'origine animale. . . . . 249
„ humain (composition) . . . . . 306
„ humain (traitement et emploi) . . . . . 168
„ dits complets, spéciaux, etc. . . . . 193

Pages.
Engraissement des animaux (exportation dans l') . . . . . 139
Épandage du fumier . . . . . 133
Essais de végétation dans l'eau . . . . . 43
» de végétation dans le sable calciné . . . . . 50
» sur les besoins du sol en engrais . . . . 90, 191, 199, 275
Exemple de calcul du fumier produit à la ferme . . . . . 104
Exploitation au fumier de ferme sans achat d'engrais extérieurs . 136
Exportations dues à la vente des produits de la ferme et du bétail. 138
Extrait fécal d'Augsbourg . . . . . 184
Farine d'os . . . . . 195, 227, 309
» d'os de Fray-Bentos . . . . . 249, 309
» de sang. — Sang desséché . . . . . 250, 309
» de viande . . . . . 249
Fécondité naturelle du sol. . . . . 60, 64, 85, 277
Féculerie. . . . . 165, 314
Feldspaths (désagrégation des) . . . . . 62
Fer. . . . . 43, 51
Feuilles et tiges des plantes et des racines (composition) . . . 297
Fourrages secs (composition) . . . . . 294
» verts (composition). . . . . 296
Fumier d'étable . . . . . 98
» des bêtes à cornes . . . . . 115, 306
» de cheval . . . . . 116, 306
» de mouton . . . . . 117, 306
» de porc . . . . . 118, 306
Fumure des terres avec le secours des résidus et des déchets industriels . . . . . 154
Grains, graines et fruits (composition) . . . . . 299
Grès (désagrégation des) . . . . . 62
Grugite . . . . . 199, 263
Guano de Fray-Bentos. . . . . 249, 311, 312
» du Pérou. . . . . 197, 243, 307
» dissous . . . . . 247, 309
» de poisson, polaire, etc. . . . . 250, 309
Guanos phosphatés . . . . . 248, 307
Houblon . . . . . 162, 297, 302
Humus . . . . . 74, 78
Influence du mode de traitement et d'emploi sur la valeur du fumier . . . . . 113, 118
Insuccès dans l'emploi des engrais concentrés. . . . . 217
Irrigation (eau d') . . . . . 44
» à l'eau d'égout . . . . . 175
Jachère . . . . . 76

Pages.
Kaïnite . . . . . 125, 129, 267, 311, 312
Karnallite. . . . . 267, 311
Kieserite . . . . . 267, 311
Légumes (composition). . . . . 298
Légumineuses (enrichissement dû aux plantes) . . . . 26, 145
Liernur (système) . . . . . 182
Limon. . . . . 82
Litières . . . . . 100, 128, 302
Loi du minimum . . . . . 152
Magnésie. . . . . 51, 140
Marne. . . . . 271
Mélange des engrais . . . . . 224
Meunerie . . . . . 314
Mouton (fumier de). . . . . 117, 306
Moyens de prévenir les pertes en éléments utiles dans la préparation du fumier . . . . . 123
Nitrate de soude. . . . . 20, 23, 71, 82, 194, 251, 310
Nitrates (non-absorption par la terre fine) . . . . . 82
Oxygène de l'air . . . . . 14, 35
Pailles (composition) . . . . . 300
Partage de la substance sèche des aliments entre les déjections solides et les déjections liquides . . . . . 100, 105
Pépinières forestières . . . . . 162
Pertes en poids et en volume du fumier en préparation . . . . 122
Phosphate basique . . . . . 241, 310
» de chaux précipité. . . . . 159, 240
» de Kladno . . . . . 239, 308
Phosphorites brutes . . . . . 238, 308
Plantes appropriées aux essais d'engrais . . . . . 204
» industrielles (composition) . . . . . 301
» légumineuses (leur action sur le sol) . . . . . 26, 145
Plâtre. . . . . 42, 124, 271, 310
» phosphaté . . . . . 124, 310
Porc (fumier de). . . . . 118, 306
Potasse et sels potassiques . . . 51, 56, 125, 143, 192, 198, 311, 312
Poudrettes . . . . . 184, 186, 309
Poussière de chaux . . . . . 158
» de laine . . . . . 159, 251, 310
» de tourbe. . . . . 173
Pouvoir fertilisant des eaux . . . . . 44
Prairies . . . . . 143, 146, 148
Précipité Thomas . . . . . 243
Préparation du lin . . . . . 315

Pages.
Produits et déchets d'industries (composition). . . . . 303
» du bétail (composition) . . . . . 304
Propriétés absorbantes du sol pour les matières nutritives . . 65
» physiques des terres . . . . . 80
Pulpe de sucrerie . . . . . 166
Purin . . . . . 121, 127, 306
Qualité des fumiers. . . . . 108
» des eaux d'irrigation . . . . . 44, 175
Quantité de litière employée . . . . . 100
» de fumier produite . . . . . 100
Racines et tubercules (composition) . . . . . 297
Rapport de la matière sèche des déjections solides et liquides à l'eau qu'elles contiennent . . . . . 102
Répartition des éléments nutritifs des plantes entre les produits et les résidus dans les industries agricoles. . . . . 313
Rhodanammonium . . . . . 235
Roches cristallines (désagrégation des). . . . . 62
Salpêtre du Chili . . . . . 20, 23, 71, 82, 194, 251, 310
Sang desséché . . . . . 160, 196, 250, 309
Scories phosphatées ou scories basiques . . . . . 241, 310
Sel marin. . . . . 42, 55, 264, 310
Sels ammoniacaux . . . . . 195, 310
» potassiques (voir potasse) . . 51, 56, 125, 143, 192, 198, 311, 312
Services rendus par le calcul des importations et des exportations. 150
» » les engrais artificiels ou chimiques. . . . 191, 210
Siliques . . . . . 301
Sol (étude du) . . . . . 59
Solutions nutritives (préparation des) . . . . . 48
Sons . . . . . 166, 303
Soude. . . . . 55
Sous-sol . . . . . 69
Substance sèche des fumiers . . . . . 100
Sucrerie . . . . . 166
Sulfate d'ammoniaque. . . . . 195, 258, 310
» brut de potasse. . . . . 198, 312
» de magnésie brut . . . . . 198, 312
» de potasse et de magnésie . . . . . 199, 311, 312
Superphosphates . . . . . 196, 229, 236, 309
» ammoniacaux . . . . . 235
» de guano . . . . . 197, 309
» potassiques. . . . . 235
Tables pour le calcul de l'épuisement et de l'enrichissement du sol . . . . . 294

Pages.
Tables de la composition moyenne des engrais . . . . . 306
Tannée . . . . . 160
Terre (litière) . . . . . 130
Terres de natures diverses (propriété) . . . . . 65, 72, 80
Tourbe . . . . . 131
Tourteaux de graines oléagineuses . . . . . 164, 304
Utilité d'augmenter la fertilité acquise . . . . . 155
Végétation (agent de désagrégation) . . . . . 64
Verse des céréales . . . . . 213, 215
Vieille force des terres . . . . . 68
Vignobles . . . . . 162

## En vente à la même librairie.

### Ouvrages de M. PETERMANN.

| | Fr. C. |
|---|---|
| **Recherches de chimie et de physiologie appliquées à l'agriculture.** — Analyses de matières fertilisantes et alimentaires. In-8° de 562 pages, orné de 3 planches et de 3 figures dans le texte, 2e édition . . . . . | 10 » |
| **La composition moyenne des principales plantes cultivées.** — Tableau à l'usage de l'enseignement et du cultivateur. Notice in-8° de 8 pages, avec grand tableau chromolithographié, 3e édition . . . . . | 2 50 |
| **De gemiddelde samenstelling der voornaamste landbouwgewassen.** — Tabel ten gebruike van onderwijs en landbouw. Vertaald door Oswald de Kerchove de Denterghem, voorzitter der Landbouwsectie Saffelaere. Beschrijving in 8 bladzijden in-8°, met eene groote tabel in chromosteendruk . . . . . | 2 50 |
| **La composition moyenne des matières fertilisantes du commerce.** — Tableau à l'usage de l'enseignement et du cultivateur. Notice in-8° de 8 pages, avec un grand tableau chromolithographié . . . . . | 2 50 |
| **De gemiddelde samenstelling der vruchtbaarmakende stoffen die in den handel voorkomen.** — Tabel ten gebruike van onderwijs en landbouw. Vertaald door Oswald de Kerchove de Denterghem, voorzitter der Landbouwsectie Saffelaere. Beschrijving in 8 bladzijden in-8°, met eene groote tabel in chromosteendruk . . . . . | 2 50 |
| **Les engrais chimiques et les matières fertilisantes à l'Exposition universelle de Vienne en 1873.** In-8° de 64 pages . . . . . | 2 » |
| **Exposition universelle de Paris en 1878.** — Rapports publiés par la Commission belge. Matières fertilisantes. In-8°. | 1 50 |
| **Recherches sur les graines originaires des hautes latitudes.** In-8° de 60 pages . . . . . | 2 » |

### Ouvrages de M. DAMSEAUX.

| | |
|---|---|
| **Manuel d'agriculture générale.** — Un volume in-18 de 340 pages, 2e édition Ouvrage approuvé par le Conseil de perfectionnement de l'enseignement primaire . . . | 3 50 |
| **Éléments d'agriculture générale** à l'usage de l'enseignement primaire et de l'enseignement moyen. Un volume in-12 de 170 pages . . . . . | 1 00 |
| **Emploi en agriculture du nitrate de soude.** — Ouvrage couronné par le Jury de concours du Comité des producteurs. Un volume in-12. . . . . | 1 50 |
| **Culture de l'osier.** — Notes recueillies. Un volume in-18, 2e édition. . . . . | 1 50 |
| **Notice sur les assolements de l'agriculture belge.** — Statistique belge de 1880. Brochure grand in-8° de 55 pages . . . . . | 1 50 |
| **Études sur le bail à ferme.** — Réforme des clauses relatives à l'entretien de la fertilité du sol. In-8° de 52 pages . . . | 1 00 |

# Publications agricoles.

| | Fr. | C. |
|---|---|---|
| **Fouquet.** — Entretiens sur l'agriculture. Labours; fumier; épuisement du sol par le bétail et par les plantes production fourragère et engrais complémentaires; engrais verts; choix des semences; binages; prairies naturelles; fenaison. In-18 de 161 pages | 1 | 25 |
| **Damseaux.** — Manuel d'agriculture générale | 3 | 50 |
| **Proost.** — La science et la crise agricole en Belgique | 1 | 25 |
| **Proost.** — La crise agricole et l'avenir de l'agriculture. | 1 | 25 |
| **Proost.** — L'agriculture progressive en Allemagne et en Angleterre | » | 75 |
| **Annuaire** statistique de la Belgique, 16e année (1885). — Grand in-8° de IX-426 et IX pages. | 5 | » |
| **Damseaux.** — Notice sur les assolements. Brochure gr. in-8° de 35 pages | 1 | 50 |
| **Damseaux.** — Étude sur le bail à ferme. Réforme des clauses relatives à l'entretien de la fertilité du sol. In-8° de 32 pages | 1 | » |
| **Parisel** — Code rural. Commentaire de la loi du 7 octobre 1886 contenant les arrêtés et circulaires d'exécution et augmenté de l'énumération des infractions en matières rurales. 2e édition | 2 | 50 |
| **Pyro** et **Parisel.** — Formules et tables pour le calcul des intérêts simples et composés de rentes, placements annuels, amortissements, opérations financières, pour l'estimation des propriétés agricoles et forestières, pour la recherche des révolutions dans la culture des forêts, etc. | 2 | » |
| **Pyro.** — Labourage à vapeur. Exposé historique et pratique | 2 | » |
| **Mourlon.** — Géologie de la Belgique. 2 vol. in-8° de 317 et 392 pages, ornés de 54 figures et de nombreux tableaux. | 12 | » |
| **Dewilde.** — Les lois belges sur les accises, examinées au point de vue scientifique. In-12 de 49 pages | 1 | » |
| **Malaise.** — La Belgique agricole dans ses rapports avec la Belgique minérale. In-4° de 40 pages, orné d'une carte | 4 | « |
| **Les plantes et les engrais** — Dialogue entre un instituteur et un paysan. In-18 de 102 pages. | » | 50 |
| **Proost.** — Manuel de chimie agricole et de physiologie végétale et animale appliquée à l'agriculture. In-8° de 475 pages. | 5 | » |
| **Petermann.** — Composition moyenne des principales plantes cultivées. Tableau in-plano en couleurs | 2 | 50 |
| **Petermann.** — Composition moyenne des matières fertilisantes du commerce. Tableau in-plano en couleurs | 2 | 50 |
| **Folie.** — Petite climatologie de l'amateur et de l'agriculteur belges. | 1 | 50 |
| **Pyro.** — Les sels de Stassfurt. Gisement et traitement, 1885 | 1 | 50 |
| **Vermeren.** — Waarde en gebruik der stikstofvetten in verband met andere vetten vooral ten gebruike van vlaamsche landbouwers. | 1 | » |

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 072907220